Planche 22

LE TOURNAGE SUR ÉQUERRE

PORTE-PIÈCE SPÉCIAL *(cliché S.O.M.U.A)*

III

1. Montage de la pièce
2. Dressage de 2 faces ⊥.
   a. équerre d'ajusteur
3. Dressage de 2 faces ∥
   c. cales identiques.
4. Dressage de 2 faces obliques
   a. calibre

Contrepoids — Bride — Boulon — Pièce — SR — Equerre — Plateau

MONTAGES ET RÉGLAGES *(extérieur)*

V

1. Réglage suivant tracé
   a. trusquin
2. Réglage d'après alésage
   a. broche
3. Pièces d'exécution analogue
   a. Tête de fraiseuse verticale
   b. Raccord
   c. Support

Banc

MONTAGES ET RÉGLAGES *(intérieur)*

II

Spécifications : Etat général ∼ sauf ∇-∇∇ — Tol. gén. ± 0,1 — Parallélisme axe et face A — (Tol ± 0,05)

SUPPORT DE PALIER

IV

GAMME D'USINAGE — N°

Elément	*Support*	Dessin	*91*	Rep.	*4*
Organe	*Commande*	Mat.	*fonte grise*	Nb.	*2*
Ensemble	*Grue*				

Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc+Tm
1	*Ajustage* — *tracer sur dé.*					
2	*Rabotage en étau serré sur ⌀ 70* — *dresser face A*					
3	*Tournage en plateau sur équerre.* — *dresser face B* — *aléser ⌀ 35 H7*		A.R. 13.D. 130.D.A.10 A.F. 35	Tracé — Tampon 35 H7	30'	4',61 12',06
4	*Tournage* — *retourner la pièce.* — *dresser face C* — *gorges de 5 rainures de 3*	— d° —	A.R. 13.D 26 DA.8 31 DA.8	P.à C. Réglet. Tracé	30'	1',61 2',96 21'
5	*Ajustage* — *percer ⌀ 6* — *ébavurer*					
				Totaux....	60'	42',24

Nota : *L'étude ci-dessus est une gamme incomplète.*

22e LEÇON

LE TOURNAGE SUR ÉQUERRE

Voir planche 22

Le montage sur équerre convient pour usiner certaines pièces dont l'axe de révolution est parallèle à une surface d'appui (**SR** ou **SD**).

1. PRINCIPE A OBSERVER

Placer et maintenir en positions parallèles les surfaces de références et l'axe des surfaces à réaliser.

Montage de l'appareillage (fig. III, 1). L'équerre de montage est fixée sur le plateau à trous par des boulons. Avant le montage : s'assurer au comparateur que la face du plateau de tour ne «voile pas»; vérifier l'équerre sur un marbre *(angle 90°)*.

Montage de la pièce. Après bridage s'assurer que la position géométrique de la pièce sur l'équerre est correcte *(orientation et distance de l'axe à la **SR**)*.

Équilibrage. Cette opération doit être particulièrement soignée afin d'éviter défauts et accidents *(broutement, ovalisation, risque de rupture du plateau)*. Fixer sur le plateau un ou plusieurs contrepoids à l'opposé de la charge maximum, jusqu'à obtention de l'équilibre. Pour vérifier que le balourd est nul, débrayer la broche, faire tourner le plateau à la main plusieurs fois; il ne doit jamais s'arrêter au même endroit *(équilibre indifférent)*.

2. PRINCIPALES OPÉRATIONS DE RÉGLAGE POUR TOURNAGE EXTÉRIEUR

Dressage d'une face perpendiculaire à une autre (fig. III, 1). Régler l'équerre sur le plateau à mi-épaisseur de la pièce; la face à usiner doit dépasser de 1 cm environ la face avant de l'équerre.

Dressage d'une face perpendiculaire à deux autres (fig. III, 2). Régler la pièce sur l'équerre avec une équerre d'ajusteur dont un champ est appliqué contre le plateau et l'autre sur l'une des surfaces déjà usinées de la pièce (**SR**).

Dressage d'une face perpendiculaire à une deuxième et parallèle à une troisième (fig. III, 3).

Interposer deux cales identiques **c** entre **SR** plateau et pièce.

Dressage d'une face perpendiculaire à une deuxième et oblique à une troisième (fig. III, 4).

On peut utiliser un calibre d'angle, une fausse-équerre, une équerre-sinus, un rapporteur d'angles.

3. RÉALISATION D'UN ALÉSAGE PARALLÈLE A UNE SURFACE SR (fig. V, 1).

Réglage de l'équerre en position sur le plateau *(Voir 8e leçon)*. Monter :

Un cylindre étalon entre pointes ou un mandrin centreur à la place de la pointe vive ou un cochonnet centré sur le plateau. Contrôler au comparateur le centrage *(faux-rond ⩽ 40 µ)*.

Le cochonnet offre la meilleure solution, car il peut rester monté et permettre des vérifications ultérieures. De plus le réglage de l'équerre peut s'effectuer sur plateau démonté.

Montage des pièces (fig. V, 1). Parfois les pièces sont préalablement tracées. Dans ce cas, faire plaquer les **SR** équerre-pièce et utiliser un trusquin avec pied à talon pour régler la pièce dans le plan axial perpendiculaire à la **SR** de l'équerre. Contrôler et brider. *(S'assurer s'il n'y a pas eu de glissement.)*

4. PRÉCAUTIONS

Les montages sur équerres sont dangereux. Se tenir sur le côté droit en arrière de la tourelle porte-outil. Dans les travaux comportant du balourd, réduire la vitesse de coupe à **V** = 0,5 **Vo.** Le tour ne doit pas être arrêté brutalement *(le plateau fileté risquerait de se dévisser)*.

5. REPRISE SUR ÉQUERRE D'UNE PIÈCE DONT L'ALÉSAGE EST USINÉ (fig. V, 2)

Utiliser un mandrin cylindrique rectifié de diamètre identique à celui de l'alésage. Le monter et vérifier au comparateur qu'il se trouve en position de réglage cylindrique; régler l'équerre *(entraxe précis)*. Monter la pièce sur le mandrin et la fixer sur l'équerre. Contrôler au comparateur en deux sections que l'alésage « tourne rond* », puis effectuer l'opération de coupe.

6. GAMME D'USINAGE (fig. IV)

Variations éventuelles des procédés pour pièces semblables.

Suivant dimensions. La pièce choisie mesure

160 × 110 × 135;

Pour pièce plus petite : même procédé;

Pour pièce plus grande : différents procédés peuvent convenir. Emploi de grands plateaux et équerres, donc usinage sur ***tour en l'air, tour vertical*** ou ***aléseuse.***

Nota. — Ce travail peut s'exécuter sur tour parallèle transformé en aléseuse *(pièce montée sur le traînard)*, alésage exécuté par barre d'alésage montée dans le nez de broche.

Suivant quantité. La gamme proposée convient pour une petite série. Au-delà de deux pièces, les rainures se feront sur mortaiseuse. Les grandes séries justifient l'emploi du ***tour revolver*** *(pièces moyennes)* ou de ***l'aléseuse*** *(grosses pièces)*.

Observations sur la conduite du travail.

Employer si possible pour le montage sur équerre les trous venus de fonderie. Exécuter les pièces en série;

Le rainurage est fait après le dressage de la face **C**; immobiliser la broche pendant cette opération et prévoir deux butées sur le banc à gauche et à droite du traînard.

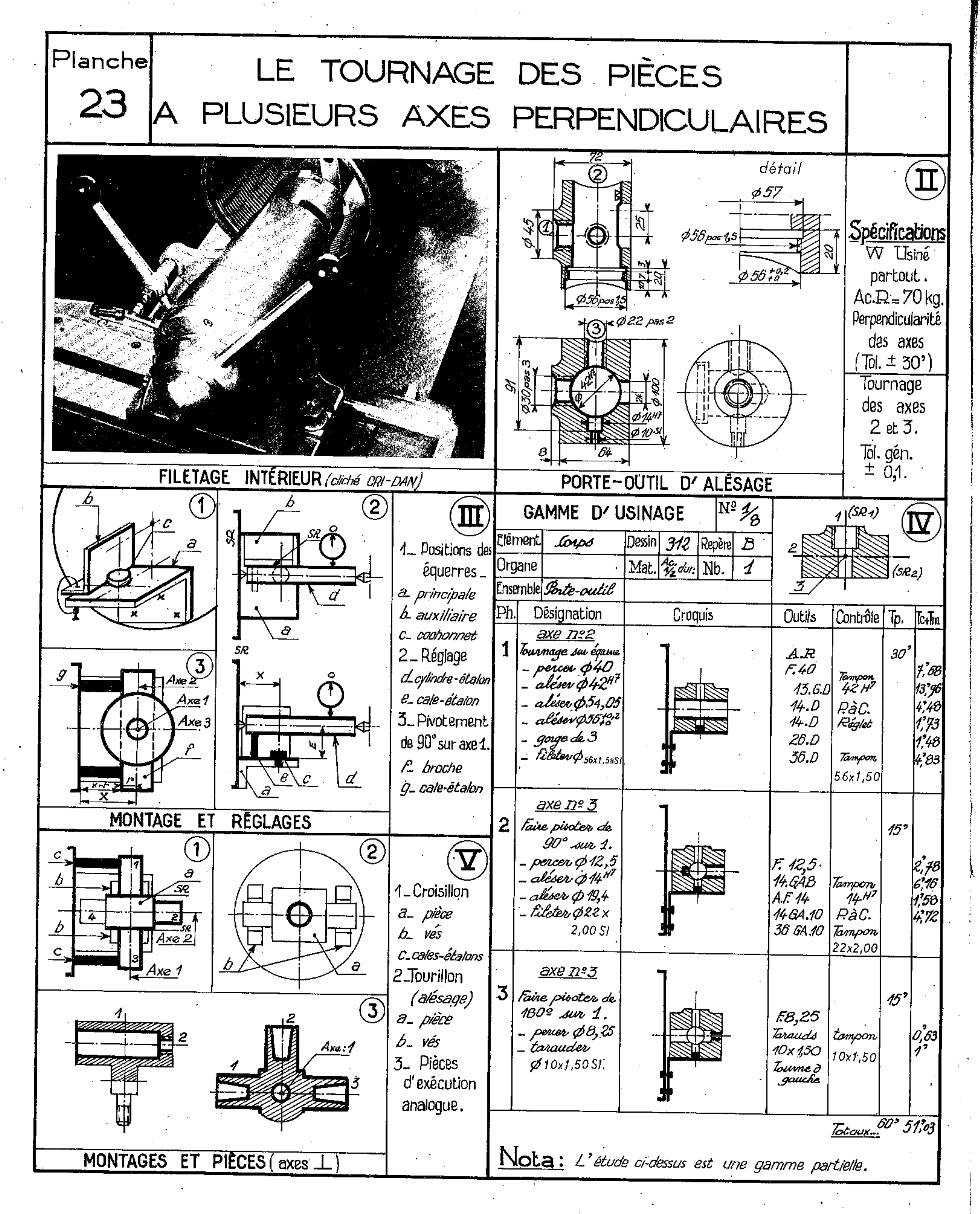
Exécution.

Phase 3/5.

Positionner l'équerre *(entraxe 400)* ; monter la pièce sur l'équerre et serrer légèrement. Dégauchir la pièce au trusquin suivant tracé. Bloquer la pièce et contrôler au trusquin. Equilibrer. Dresser la face **B** suivant tracé. Effectuer une première passe dans l'alésage *(⌀ 34,5)*. Effectuer une deuxième passe dans l'alésage *(⌀ 34,9)*. Amorcer la finition à l'alésoir *(⌀ 35)* et s'assurer au départ qu'il respecte la tolérance **H7**, puis effectuer la passe. Vérifier au tampon de 35 H7 l'alésage terminé.

Phase 4/5.

Retourner la pièce. Mettre une broche cylindrique de ⌀ 35 dans l'alésage et monter l'ensemble entre-pointes. Positionner la **SR** (**A**) sur l'équerre et brider la pièce. Dresser la face **C**. Mettre à longueur 120. Effectuer les gorges de 5, puis les rainures de 3 à 120° suivant tracé.



Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc+Tm
1	axe n° 2 — Tournage sur équerre — percer ϕ40 — aléser ϕ42 H7 — aléser ϕ54,05 — aléser ϕ56 +0,2 — gorge de 3 — fileter ϕ56x1,5 SI		A.R / F.40 / 13.G.D / 14.D / 14.D / 26.D / 36.D	Tampon 42 H7 / P à C. / Réglet / Tampon 56x1,50	30'	7'68 / 13'96 / 4'48 / 1'73 / 1'48 / 4'83
2	axe n° 3 — Faire pivoter de 90° sur 1. — percer ϕ12,5 — aléser ϕ14 H7 — aléser ϕ19,4 — fileter ϕ22 x 2,00 SI		F. 12,5 / 14.GAB / A.F. 14 / 14 GA.10 / 36 GA.10	Tampon 14 H7 / P à C. / Tampon 22x2,00	15'	2'78 / 6'16 / 1'58 / 4'72
3	axe n° 3 — Faire pivoter de 180° sur 1. — percer ϕ8,25 — tarauder ϕ10x1,50 SI		F.8,25 / Tarauds 10x1,50 / Tourne à gauche	tampon 10x1,50	15'	0'63 / 1'
	Totaux...				60'	51'03

23e LEÇON

LE TOURNAGE DES PIÈCES A PLUSIEURS AXES PERPENDICULAIRES

Voir planche 23, ce fasc., 22e leçon

Le montage sur équerre convient pour le tournage de certaines pièces à plusieurs axes perpendiculaires ou orthogonaux.

1. PRINCIPE A OBSERVER

Exécuter par groupe les surfaces concentriques aux différents axes. Au cours de ces opérations, l'équerre, fixée elle-même sur le plateau, permet de placer et de maintenir en position correcte *(perpendiculaire ou parallèle)* les divers axes et **SR**.

2. MONTAGE DE L'ÉQUERRE (fig. III, 1)

Cas d'une pièce à 3 axes perpendiculaires.

L'équerre **a** est préparée pour recevoir un cochonnet **c** épaulé au diamètre exact de l'alésage déjà réalisé sur la pièce *(pièce fig. II, axe n° 1)*.

Réglage. Utiliser une deuxième équerre auxiliaire **b** et un cylindre étalon **d** de même diamètre que le cochonnet **c** *(effectuer les manipulations à deux opérateurs de préférence)*.

1° Monter le cylindre étalon **d** entre pointes *(en position précise de réglage cylindrique)*.

2° Monter le cochonnet **c** de centrage sur l'équerre **a**.

3° Monter l'équerre **b** auxiliaire sur **a**, en butée sur le cochonnet **c** *(la fixer provisoirement avec un serre-joint)* (fig. III, 1).

4° Monter l'ensemble sur le plateau (fig. III, 2) et faire plaquer : les **SR** de **a** et du plateau; la **SR** de **b** sur **d** et **c** *(pivotement autour du cochonnet **c**)*;

Bloquer le serre-joint *(l'axe du cochonnet est dégauchi dans un plan perpendiculaire à l'axe de la broche)*.

5° Placer **a** à distance d'entraxe **E** avec cale-étalon **e**.

6° Fixer l'ensemble au plateau par bridage de l'équerre **a**;

7° Contrôler les opérations 4 et 5 *(équerre auxiliaire en butée sur **d** et **c**, entraxe **E**)*.

8° Relever la distance de l'axe du cochonnet **c** à la **SR** du plateau par cales étalons pour utilisation ultérieure *(chapitre 4)*. Démonter le cylindre étalon **d** et l'équerre auxiliaire **b**.

3. MONTAGE DE LA PIÈCE

La monter sur le cochonnet **c**;
La dégauchir suivant sa forme extérieure *(voir 22e leçon)*;
La fixer sur l'équerre **a** par brides et boulons.

4. RÉALISATION D'UNE PIÈCE A TROIS AXES PERPENDICULAIRES *(alésages)* (fig. II)

Réalisation de l'axe principal 1. Il est exécuté en mandrin ainsi que la **SR** perpendiculaire.

Réalisation de l'axe 2. Monter et fixer la pièce sur le cochonnet **c**. Exécuter toutes les surfaces concentriques à cet axe *(sans démontage de la pièce)*.

Réalisation de l'axe 3 (fig. III, 3). Introduire dans l'alésage de l'axe **2** une broche calibrée. Faire pivoter la pièce de 90° autour de l'axe **1**. *(Utiliser un jeu de cales.)*

Brider la pièce. Contrôler le parallélisme entre l'axe **2** et la **SR** du plateau *(broche calibrée et cales-étalons **g**)*.

Exécuter les opérations se rapportant à l'axe **3**.

Remarque : *Si la pièce possède des alésages borgnes (fig. V, 3) trois pivotements de 90° sur l'axe 1 sont nécessaires.*

5. RÉALISATION DES PIÈCES A DEUX AXES *(cylindrage extérieur genre croisillon à quatre bras)* (fig. V, 1)

Axe 1. Les bras **1** et **3** sont tournés soit :

a) ***Entre pointes :*** après traçage, pointage et perçage des centres bien en ligne;

b) ***En mandrin à trois mors :*** l'ébauche du bras **1** se fait sur pièce serrée par le bras **3** en mors durs. Le bras **1** est repris en mors doux pour l'ébauche du bras **3**. Finir de préférence les bras **1** et **3** entre pointes et au même diamètre.

Axe 2. Les bras **2** et **4** sont tournés séparément *(la pièce montée sur équerre)*.

Montage de la pièce.

1° Régler l'équerre à hauteur voulue;

2° Poser les bras **1** et **3** sur des vés;

3° Régler les bras **1** et **3** parallèles à la **SR** du plateau *(cales-étalons identiques sous chaque bras)*;

4° Faire buter les vés sur les **SR** des bras **1** et **3**;

5° Fixer les vés sur l'équerre;

6° Brider légèrement la pièce sur les vés;

7° Centrer le bras **2** à tourner *(par légères rotations de la pièce sur les vés et par glissement de ceux-ci sur l'équerre)*;

8° Contrôler le montage : bras **1** et **3** parallèles à la **SR** du plateau, vés en butée et centrage du bras **2** *(comparateur)*;

9° Assurer le bridage définitif sur les bras **1**, **3**, **4** et les vés. Contrôler à nouveau et équilibrer l'ensemble.

Exécution du bras 2. Usiner le bras **2** entièrement *(pour respecter la concentricité)* en l'air ou en montage mixte.

Exécution du bras 4.

1° Faire pivoter la pièce de 180° sur les vés *(conserver les mêmes **SR** en butée)*;

2° Placer un vé ou une cale sous le bras **2** donnant même hauteur que l'axe **1** par rapport à l'équerre *(le bras 2 est dégauchi et centré)*;

3° Brider la pièce sur les bras **1**, **3** et **2**;

4° Usiner le bras **4** entièrement.

6. RÉALISATION DES PIÈCES A TROIS AXES *(cylindrage extérieur genre croisillon à trois bras)* (fig. V, 3)

Axe 1. Axe central exécuté en plateau.

Axes 2 et 3. Monter un cochonnet sur l'équerre. Les bras **1**, **2** et **3** seront exécutés séparément par pivotements successifs de 90° autour de l'axe **1** *(voir § 4, C)*.

7. RÉALISATION DES PIÈCES AYANT UN AXE DE TOURILLON ET UN AXE D'ALÉSAGE PERPENDICULAIRES (fig. V, 2)

Axe de tourillon *(axe principal)*. Il est exécuté entre pointes *(voir § 5, A)*.

Axe d'alésage. Il peut être tracé sur la pièce ou matérialisé par un bouton de centrage *(voir leçon n° 21)*.

Réglage :

1° Monter les bras sur des vés et bloquer légèrement;

2° Centrer la pièce sur le plateau *(éventuellement d'après son tracé ou d'après le bouton de centrage)*;

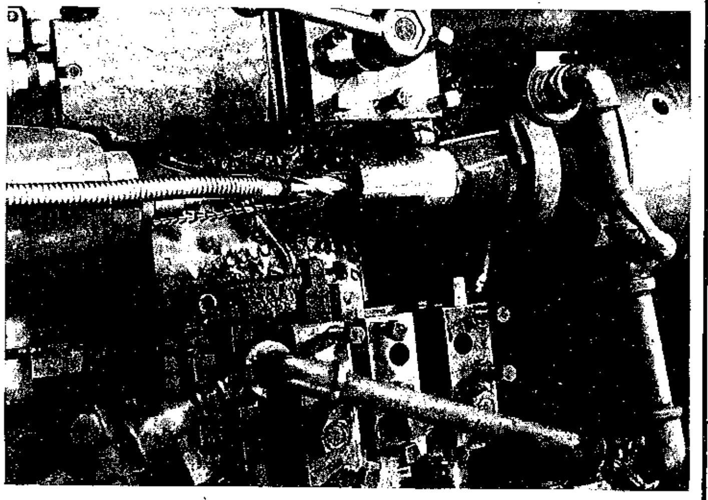
3° « Dévoiler » la face;

4° Assurer le blocage et vérifier à nouveau le centrage définitif, puis effectuer l'alésage.

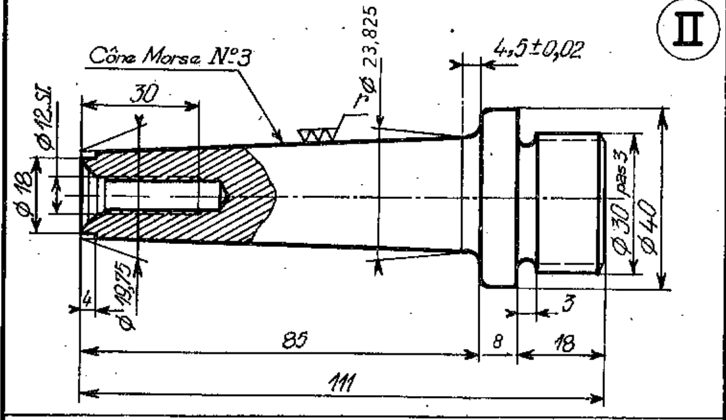
8. GAMME D'USINAGE (fig. IV).

Planche 24

LE TOURNAGE CONIQUE

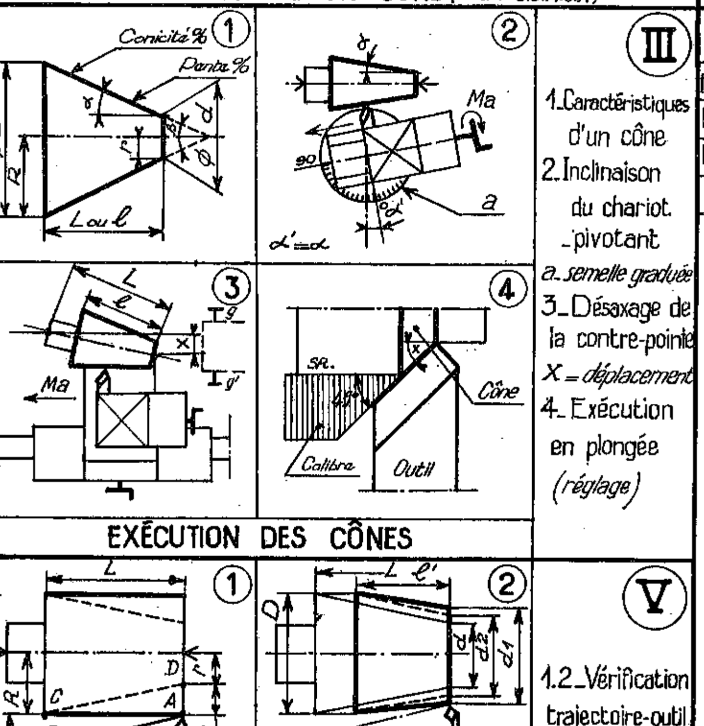


TOURNAGE D'UN CÔNE *(cliché S.O.M.U.A.)*



Spécifications : Acier R = 75 kg/mm2 — Tol. gén. ± 0,1 —
▽▽ Usiné partout sauf ▽▽▽ (pour rectification laisser + 0,2)

CÔNE ENTRAÎNEUR



EXÉCUTION DES CÔNES

III
1. Caractéristiques d'un cône
2. Inclinaison du chariot pivotant
a. semelle graduée
3. Désaxage de la contre-pointe
X = déplacement
4. Exécution en plongée *(réglage)*

V
1.2. Vérification trajectoire-outil
1. au départ
2. en cours d'usinage
3. Calcul de p.
4. Réglage *(pour faire pénétrer le calibre d'une distance Y).*

Cône obtenu
Cône à obtenir
Correction

Exemple : $p = \frac{31{,}2 - 30}{2} = 0{,}6$

RÉGLAGE ET EXÉCUTION

INSTRUCTIONS

Elément	*Cône*	Dessin	*110*	Rep	*A*
Organe	*Porte-outil*	Mat	*Ac. R=75.*	Nb.	*1*
Ensemble	*Fraiseuse*	Phase	*Tournage cône*		

IV — ø 40 — 111 — S.R.

Op.	Désignation	Outils	Contrôle	p	V	n	a	A	L	Tc	Tm
1	*Prendre pièce à terre*	31									0',24
	Monter toc	A.R.									0',18
	Serrer pièce E.P.	14 D									0',18
	Régler reproducteur										10'
	Prendre passe										0,30
	Tourner 2 passes *(ébaucher)*			1,5	25	320	0,1	32	73	4,56	
	Ramener outil		*Bague Cône Morse N°3*								0',18
	Contrôler										1'
2	*Prendre passe*	21 D									0',30
	Tourner finition ø 24,2	*d°*		0,5	25	320	0,1	32	85	2,65	
	Ramener outil										0',18
	Desserrer pièce E.P.										0',18
	Démonter toc										0',18
	Poser pièce à terre										0',18
	Contrôler		*d.*								1'
									Totaux....	6,'84	14'10

24e LEÇON

LE TOURNAGE CONIQUE

Voir planche 24, planche F, ce fasc., 12e leçon

1. PRINCIPE A APPLIQUER

Donner à l'outil une trajectoire parallèle à la génératrice du cône à obtenir ou inversement placer cette dernière parallèlement à la trajectoire de l'outil. L'arête tranchante doit être rigoureusement située dans le plan axial.

2. CARACTÉRISTIQUES (fig. III, 1 ; planche F)

La conicité ou rapport entre la différence des diamètres et la longueur du cône (β = angle de conicité).

La pente ou rapport entre la différence des rayons et la longueur du cône (α = angle de pente $= \frac{\beta}{2}$).

$$\left(\text{tg}\,\alpha = \text{pente} = \frac{\mathbf{R} - \mathbf{r}}{\mathbf{L}}\right).$$

3. EXÉCUTION DES CÔNES

Par inclinaison du chariot pivotant (fig. III, 2).

Avantage. Ce procédé convient pour l'usinage de tous les cônes extérieurs ou intérieurs.

Réglage. Calculer l'angle de pente α.

Orienter le chariot pivotant pour cet angle *(semelle graduée).*

Bloquer le chariot pivotant sur sa semelle *(boulons).*

Bloquer le traînard et vérifier la trajectoire de l'outil.

Inconvénient. Déplacement manuel du chariot et chariotage irrégulier. Risque de reprise lorsque la longueur de la génératrice est supérieure à la course du chariot.

Par déplacement de la contre-pointe (fig. III, 3).

Avantage. Ce procédé convient pour l'usinage des cônes peu précis, de grande longueur et de faible pente.

Réglage. Calculer le déplacement **X** de la contre-pointe d'après la formule approximative : $\mathbf{X} = \frac{(\mathbf{R} - \mathbf{r})\,\mathbf{L}}{\mathbf{l}}$

(**L** = longueur entre pointes = longueur de la pièce — engagement des pointes) ; **l** = longueur de la portée conique.

Déplacer la contre-pointe transversalement de la distance **X** avec les vis de réglage **g** et **g'** *(voir 9e leçon).* Mesurer cette distance entre les repères du corps et de la semelle et bloquer. Effectuer une passe et contrôler la génératrice du cône produit.

Inconvénient. Détérioration des centres *(les pointes portent mal).* Tolérable pour cônes de faible inclinaison seulement. Ne permet pas l'exécution de cônes intérieurs. Nécessité d'avoir des pièces de longueur entre pointes identiques dans les travaux de série *(donc d'exécuter les centres en butée).*

Par directrice d'appareil reproducteur.

Avantages. Réglage rapide. Exécution de cônes extérieurs ou intérieurs. Possibilité d'avance automatique.

Réglage. Calculer l'angle de pente α. Libérer la vis du chariot transversal et atteler celui-ci au coulisseau de la glissière directrice du reproducteur. Situer le chariot pivotant perpendiculairement à l'axe du tour. Régler la coulisse directrice du reproducteur sur le secteur gradué *(avec vis de réglage).* Bloquer la coulisse sur son support. Contrôler la génératrice du cône obtenu *(comparateur).* Commencer par le grand ϕ.

Par pénétration directe de l'outil (fig. III, 4) : *(radiale, longitudinale ou axiale)* pour cônes très courts.

Réglage. Utiliser un calibre à l'angle de pente du cône. Régler l'arête tranchante de l'outil sur le calibre en orientant la tourelle. L'arête doit être parallèle à la génératrice à produire. Exécuter le cône.

Par déplacements spéciaux :

Par déplacement combiné des Ma du traînard et du transversal. L'avance longitudinale est donnée par la vis-mère et la boîte des filetages, l'avance transversale est donnée par la barre de chariotage et la boîte des avances.

Nécessité d'avoir des boîtes de commande des ***Ma*** *séparées. Risque d'accident dans le cas de fausse manœuvre.*

Par inclinaison de la poupée fixe. Réglage long et difficile. Toutefois ce procédé permet l'exécution des cônes intérieurs et extérieurs sur pièces « en l'air » avec avance automatique *(procédé intéressant pour les grandes séries seulement).*

4. VÉRIFICATION DE LA TRAJECTOIRE DE L'OUTIL

Contrôle avant usinage (fig. V, 1).

Utilisation de l'ébauche cylindrique. Tourner cylindrique au grand diamètre du cône. Faire tangenter l'outil au point **A** de départ, puis le déplacer de la longueur **L** du cône jusqu'en **B**. Mesurer la distance **BC** *(pointe d'outil à pièce)* avec une cale ou un cylindre-étalon (de ϕ = R — r) ou avec le tambour gradué du transversal *(l'outil parcourt* BC = R — r*).*

Avec un cône-étalon de même longueur que la pièce. Monter un comparateur *(le palpeur dans le plan axial),* le déplacer sur la génératrice du cône-étalon et modifier le réglage *(jusqu'à ce que : écart = 0).*

Avec une équerre à barre-sinus.

Régler l'équerre à l'angle d'inclinaison α.

Fixer une branche horizontalement sur la **SR** du plateau.

Monter un comparateur sur la tourelle puis régler l'orientation du chariot pivotant au comparateur d'après l'équerre-sinus.

Contrôle en cours d'usinage (fig. V, 2).

Par mesure de la longueur l' et du petit diamètre d_1 du cône obtenu. Mesurer ces cotes et calculer le petit diamètre d_2 théorique par rapport à la longueur **l'** effectuée.

On a ; $\mathbf{d_2} = \mathbf{D} - \frac{(\mathbf{D} - \mathbf{d})\,\mathbf{l'}}{\mathbf{L}}$.

Relever les écarts puis modifier le réglage en conséquence.

Par contrôle de la portée obtenue *(avec un calibre).*

1. *Réglage correct :* Le calibre porte sur toute sa longueur.

2. *Réglage incorrect d'un alésage :* Cône trop aigu : le calibre porte vers le bas. Cône trop obtus : le calibre porte vers le haut.

3. *Réglage incorrect d'un arbre :* Cône trop aigu : le calibre porte vers le haut. Cône trop obtus : le calibre porte vers le bas.

4. ***Détermination de p :*** Soit d'après les valeurs des diamètres **D** *(actuel)* et **D'** *(à obtenir) :*

Exemple : (fig. V, 3).

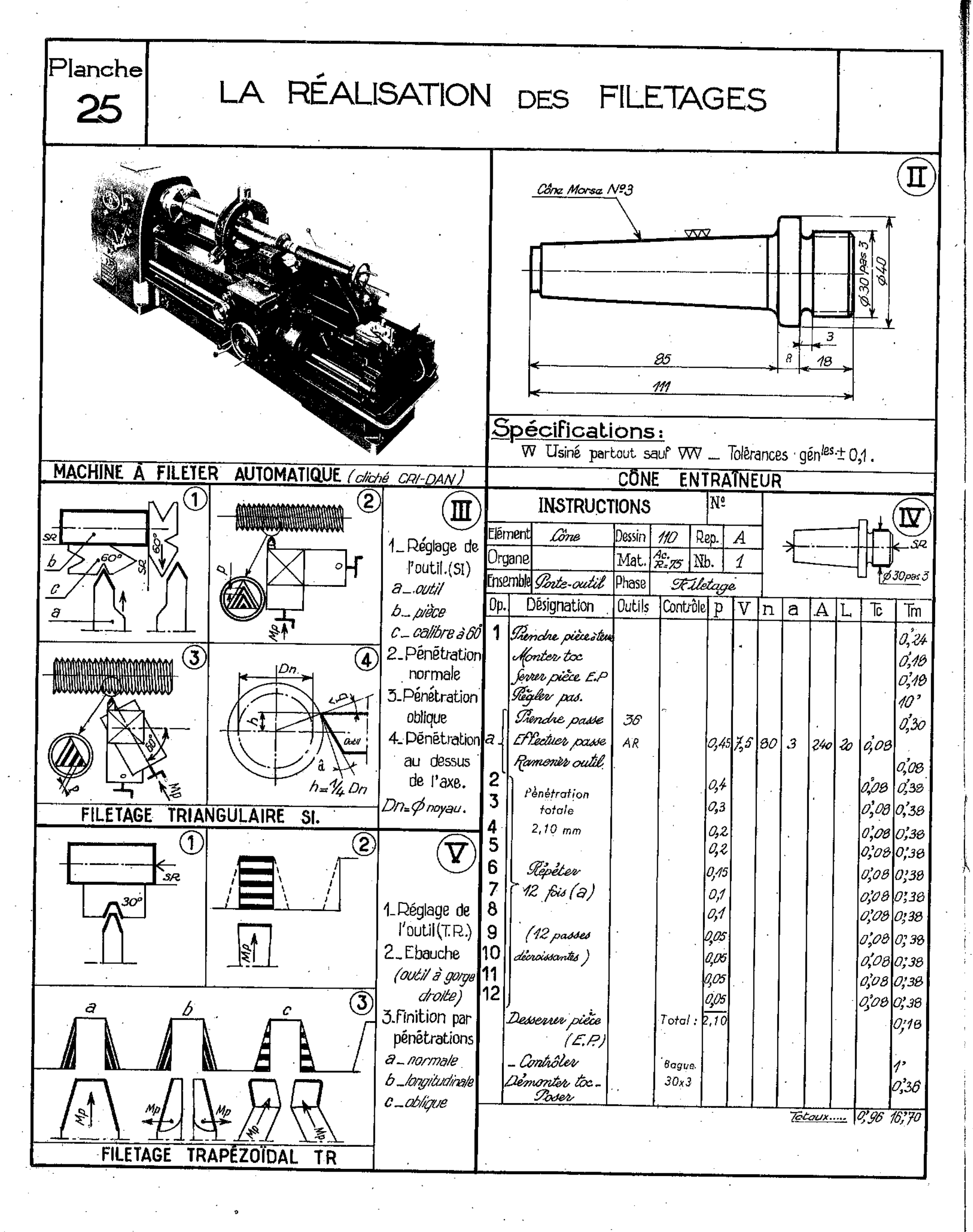
Soit d'après l'insuffisance de pénétration **Y** du calibre vérificateur : (**p** = **Y** × pente), (fig. V. 4).

5. MOYENS PRATIQUES POUR TERMINER UN TRONC DE CÔNE *(la conicité étant réglée)*

Tournage avec chariot pivotant (fig. V, 4) :

Ébaucher finement le cône (+ *0,5 mm sur ϕ).* Présenter le calibre *(position 1)* et mesurer la distance **Y** *(insuffisance de pénétration).* Ramener le coulisseau au-delà de la position de départ *(position 3, trajectoire parallèle à la génératrice du cône).* Déplacer le traînard de droite à gauche de la quantité **Y** avec la cale-étalon = **Y** entre butée et traînard. L'outil vient en position **4** *(trajectoire de l'outil parallèle à l'axe).* Effectuer la passe, le calibre doit occuper la position **2**.

Tournage avec excentrage de la contre-pointe. Le déplacement d'outil de la quantité **Y** est assuré au chariot pivotant orienté parallèlement à l'axe de la broche.



INSTRUCTIONS — N°

Elément	Cône	Dessin	110	Rep.	A
Organe		Mat.	Ac. R=75	Nb.	1
Ensemble	Porte-outil	Phase	Filetage		

Op.	Désignation	Outils	Contrôle	p	V	n	a	A	L	Tc	Tm
1	Prendre pièce et tenir										0'24
	Monter toc										0'18
	Serrer pièce E.P										0'18
	Régler pas.										10'
a	Prendre passe	36									0'30
	Effectuer passe	AR		0,45	7,5	80	3	240	20	0'08	
	Ramener outil										0'08
2	Pénétration			0,4						0'08	0'38
3	totale			0,3						0'08	0'38
4	2,10 mm			0,2						0'08	0'38
5				0,2						0'08	0'38
6	Répéter			0,15						0'08	0'38
7	12 fois (a)			0,1						0'08	0'38
8				0,1						0'08	0'38
9	(12 passes			0,05						0'08	0'38
10	décroissantes)			0,05						0'08	0'38
11				0,05						0'08	0'38
12				0,05						0'08	0'38
	Desserrer pièce (E.P.)		Total :	2,10							0'18
	_ Contrôler		Bague 30x3								1'
	Démonter toc. Poser										0'36
									Totaux.....	0'96	16'70

25e LEÇON

LA RÉALISATION DES FILETAGES

Voir planche 25, ce fasc., 11e et 26e leçons, planche G

Le tour parallèle permet l'exécution des divers filetages quel que soit le profil de leur filet.

1. PRINCIPE A OBSERVER

Donner à l'outil un profil conforme à la section du filet et lui appliquer un mouvement d'avance **Ma** tel que :

a (avance par tour) = **p** (pas du filetage).

2. PRINCIPAUX TYPES DE FILETS (planche G)

3. PRÉPARATION DE LA PIÈCE AVANT FILETAGE ***(Ex. : ⌀ 24 SI)***

Filetage extérieur : charioter au diamètre nominal.

Filetage intérieur : aléser $D_1 = D - (1{,}3\ p) = 20{,}1$.

4. MONTAGE DE L'OUTIL

Utiliser un calibre à l'angle du profil à réaliser *(60°, 55°, 30°, 29°,...)*, (fig. III, 1 et V, 1). Présenter le calibre horizontalement sur la génératrice du cylindre ou la face avant. Amener le bec de l'outil en vis-à-vis de l'angle du calibre par pivotement de la tourelle.

Remarque : *Ne pas forcer l'outil sur le calibre, faire glisser le calibre sur le cylindre afin de vérifier les flancs séparément, puis ensemble.*

5. RÉGLAGE AVANT FILETAGE

Monter les roues nécessaires *(éventuellement)*. Sélectionner **p** demandé. Choisir **n** convenable (**V = 1/3 Vo**); Embrayer la vis-mère. Régler l'inverseur de marche, suivant le sens de l'hélice. Embrayer l'écrou de la vis-mère; Vérifier le pas sur 10 filets.

6. CONDUITE DES FILETAGES

Faire tangenter l'outil sur la pièce;

Mettre les tambours gradués à zéro. Bloquer le chariot pivotant si son emploi n'est pas nécessaire ou rattraper le jeu de sa vis *(Repérer la graduation à chaque passe)*;

Mettre l'outil en position de départ. Le lubrifier à jet continu;

Embrayer **Mc** et effectuer la passe *(conserver constamment une main sur la manivelle du chariot transversal et l'autre sur le renversement de marche ou sur la manivelle de l'écrou d'embrayage de la vis-mère)*;

Dégager vivement l'outil *(transversal)* en fin de course et ramener l'outil en position de départ;

Prendre une nouvelle passe et continuer jusqu'au diamètre à fond de filet (**p** décroissant : 0,5 à 00,2).

7. PROCÉDÉS UTILISÉS POUR RAMENER L'OUTIL EN POSITION DE DÉPART

Par inversion du sens de rotation *(filetages courts)*;

Par emploi du retour rapide *(pour pas spéciaux)*;

Par débrayage de l'écrou de la vis-mère *(avec retour du traînard à la main). Pour : pas égal ou sous-multiple au pas de la vis-mère; filetage aux repères; filetage à la longueur; filetage à l'indicateur d'embrayage.*

8. RÉALISATION DES FILETAGES SI

Par pénétration normale de l'outil (fig. III, 2).

Convient pour les métaux dont le copeau se brise *(fonte, bronze, laiton, duralumin, acier dur)* et pour filetages précis.

Conduite : La profondeur de passe est prise par le chariot transversal. Le chariot porte-outil reste bloqué sur sa glissière.

Par pénétration oblique de l'outil (fig. III, 3).

Convient pour les travaux de série, l'ébauche rapide, et en général les filetages sans grande précision. Ce procédé facilite la coupe des métaux qui ont tendance à s'arracher *(acier demi-doux, acier doux, cuivre, aluminium)*. Une seule arête travaille.

Conduite : Incliner le chariot pivotant de 60° *(filetage **SI**)*.

La profondeur de passe est prise au moyen de ce chariot.

Le chariot transversal sert à engager et dégager l'outil, toujours sur la même position en butée.

Pour obtenir une meilleure finition, effectuer les dernières passes en pénétration normale *(libérer la butée transversale)*.

Par pénétration normale et déplacement longitudinal conjugués. Convient particulièrement pour les filetages précis. L'outil travaille sur chaque flanc successivement.

Conduite : Prendre la profondeur de passe par le chariot transversal et en même temps avancer ou reculer le chariot pivotant d'environ la moitié de la profondeur de passe.

Finition *(pour pas à droite)* **:**

Finir le flanc de droite *(en reculant le chariot pivotant)*;

Finir le flanc de gauche *(en avançant le chariot pivotant)*;

Terminer les deux flancs en pénétration normale après remise de l'outil dans le milieu du filet.

Par pénétration de l'outil au-dessus de l'axe.

Convient pour l'ébauche rapide des gros pas ou l'exécution de filetages peu précis (fig. III, 4).

Conduite : Peut se faire en pénétration normale, oblique ou conjuguée *(sur filetage extérieur seulement)*.

Monter l'outil, de 1/4 du diamètre de noyau, au-dessus de l'axe *(acier doux)*. Prendre **p** décroissant de 1,5 à 0,05 mm.

9. RÉALISATION DES FILETS TRAPÉZOÏDAUX

Exécution directe avec un outil calibré, par pénétration normale.

Convient pour les petits pas *(< 5 mm)* pour : fonte, bronze, laiton, duralumin *(**p** décroissant de 1 à 0,02 mm)*.

Exécution avec plusieurs outils.

Ébauche : Utiliser un outil de front établi à la largeur du fond du filet *(passes successives identiques)* jusqu'au diamètre du noyau *(pénétration normale)* (fig. V, 2);

Finition : Employer soit : (fig. V, 3).

1. Un outil calibré travaillant en pénétration normale;
2. Deux outils profilés travaillant flanc par flanc en pénétrations conjuguées;
3. Deux outils à dresser travaillant flanc par flanc en pénétration oblique pour les gros pas.

10. REMISE DE L'OUTIL DANS LE FILET

Pour cela, l'embrayage vis-mère-écrou doit être effectué en position de marche active *(sens de la coupe)*.

Pour filetage extérieur. Avec le chariot transversal approcher l'outil de la pièce en rotation, puis, avec le chariot pivotant, situer l'outil en vis-à-vis du filet. *(Mettre un papier blanc sous l'outil pour faciliter la mise en concordance pièce-outil, puis repérer la position des deux tambours gradués).*

Pour filetage intérieur. La remise en position se fait sur les premiers filets par tâtonnements, la broche étant arrêtée. Déplacer simultanément l'outil avec les deux chariots jusqu'à l'engagement maximum, et repérer les positions des tambours.

Remarque : *Tenir compte de la flexion de l'outil. Vérifier la bonne position de l'outil dans le pas au moyen d'une passe inférieure à l'engagement prévu. Repérer la position de l'outil sur la tourelle lors de son démontage et laisser la vis-mère en prise pour faciliter cette opération de remise dans le pas, après réaffûtage.*

11. RÉALISATION DES VIS ET ÉCROUS A PLUSIEURS FILETS (**n** = nombre de filets).

Il faut conduire l'exécution de tous les filets simultanément. Ébaucher entièrement avant finition.

Méthodes employées.

Par divisions angulaires successives de la pièce sur la broche.

Le déplacement angulaire entre chaque filet $= \frac{1 \text{ tour}}{n}$.

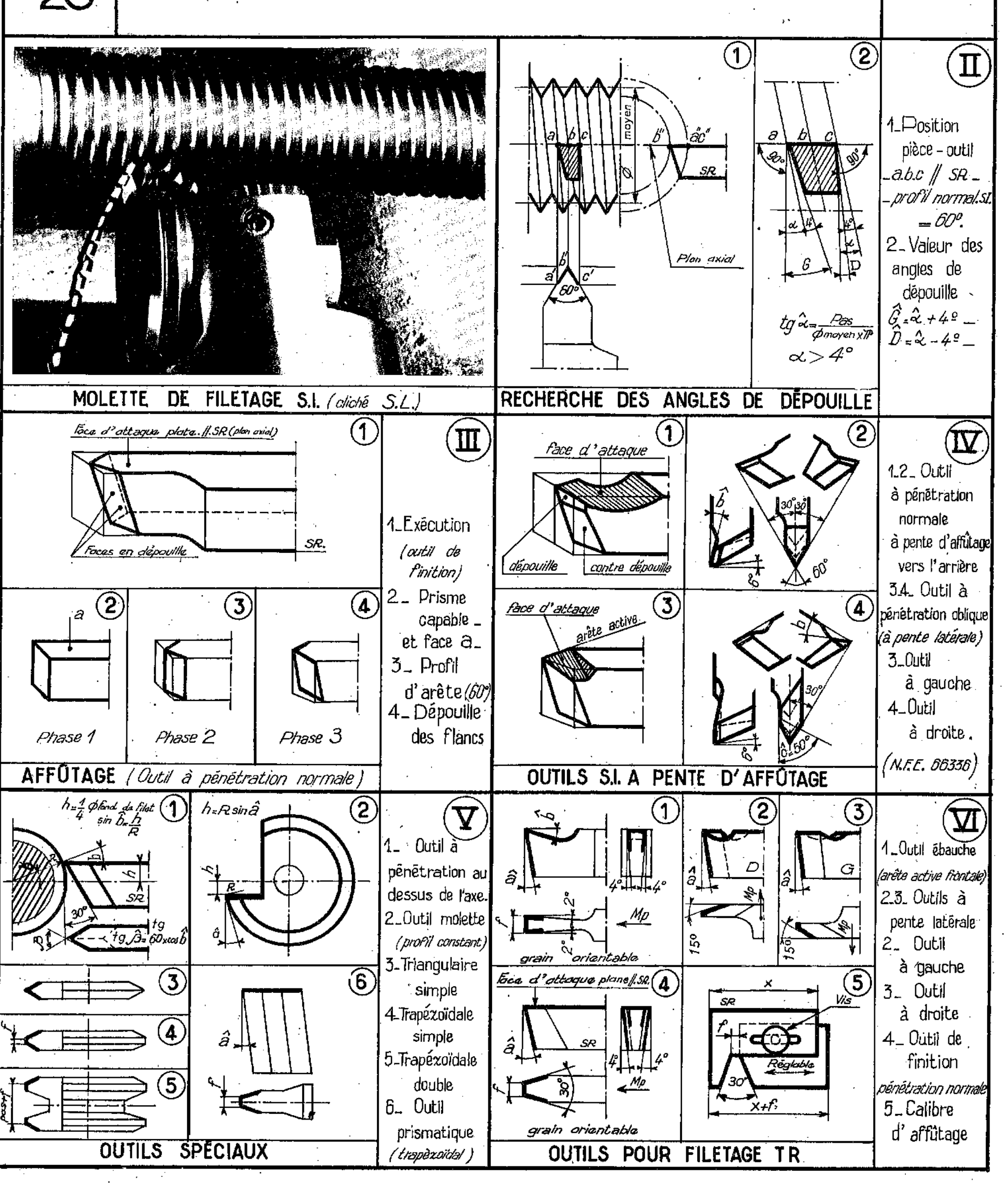
Utiliser un engrenage de **n** × (**x** dents) calé sur la broche, ou un plateau-toc diviseur monté à la place du pousse-toc.

Par positions longitudinales successives de l'outil.

Utiliser : soit le chariot pivotant, soit l'indicateur d'embrayage ou encore la méthode de filetage à la longueur, pour effectuer ces déplacements latéraux $\left(\frac{p}{n}\right)$ de l'outil à fileter.

Planche 26

ÉTABLISSEMENT DES OUTILS DE FILETAGE



26e LEÇON

ÉTABLISSEMENT DES OUTILS DE FILETAGE

Voir planche 26, ce fasc., 25e et 29e leçons

L'exécution rapide et correcte des filetages dépend principalement du soin apporté à la réalisation des outils à fileter.

1. PRINCIPE A OBSERVER

La partie active de l'outil engendre un filetage de section déterminée suivant un plan axial (NF.E. 03.001) (NF.E. 03.002).

L'arête de l'outil située dans ce plan axial en épouse le contour totalement ou par fractions successives. Les faces du bec de l'outil sont dépouillées au voisinage de l'arête ($\widehat{a} = 4$ *à* $6°$) par rapport aux flancs du filet, eux-mêmes inclinés suivant l'hélice $\left(\alpha = \text{angle d'hélice} \;\; \mathbf{tg}\,\alpha = \frac{pas}{\phi \text{ moyen} \times \pi}\right)$.

Lorsque le pas est rapide ($\alpha > 4°$) afin d'éviter le talonnage de l'outil contre les filets produits, il faut pratiquer sur le talon du bec une contre-dépouille supplémentaire.

2. TYPES D'OUTILS A FILETER (NF.E. 66.336) (voir leçon n° 29). On distingue :

Les outils monoblocs *(droits ou déportés **D** ou **G**)*;

Les outils à grain ajusté *(serrage par vis ou clavette)*;

Les outils à pastille brasée;

Les outils à profil constant *(prismatiques ou circulaires)*.

3. OUTILS (AR) POUR FILETAGE SI

Leur forme active varie suivant le mode de pénétration choisi et la nature du métal à fileter.

Outils à pénétration normale. Suivant le métal usiné il faut :

Un outil à pente d'affûtage nulle ($\widehat{\mathbf{b}} = 0°$) (fig. III, 1).

La surface d'attaque est plane, parallèle à la **SR** de base de l'outil. Elle est située dans le plan axial du filetage et son arête est conforme au profil à produire.

Les flancs sont dépouillés latéralement *(4° 30' ± angle d'hélice)*. Cet outil ne permet pas de couper de fortes passes *(ses deux arêtes travaillent ensemble et risquent d'arracher sur les flancs)*. Il convient cependant pour les filetages précis *(à gauche ou à droite, extérieur ou intérieur)*.

Un outil à pente vers l'arrière (fig. IV, 1).

Il peut être très avantageux d'utiliser des outils à fileter travaillant avec une forte pente $\widehat{\mathbf{b}}$ vers l'arrière, mais alors le profil de l'arête coupante qui n'est plus dans le plan axial doit être corrigé pour éviter toute erreur de forme. Cette erreur est parfois tolérable pour les filetages à pas fins ($\mathbf{p} < 2$ mm).

Néanmoins les outils à pente vers l'arrière sont surtout réservés à l'ébauche rapide des filetages.

Outil à pénétration oblique (fig. IV, 3).

L'outil coupe par une seule arête tranchante *(celle de gauche pour un pas à droite)* parallèle à la **SR** de base de l'outil et située dans le plan axial du filetage. L'arête coupe normalement sur toute sa longueur *(comme un outil-couteau)*. L'angle du profil doit être égal *(finition)* ou inférieur *(ébauche des gros pas)* à celui du filet à réaliser. Seule l'arête tranchante est orientée.

La surface d'attaque possède alors un angle de pente latéral variable suivant la nature du métal à fileter. Cette surface est plane ou parfois creuse *(coupe cuillère)* afin de faciliter la coupe.

Outil à pénétration conjuguée. Utiliser :

A l'ébauche. Un outil à pente latérale avec ou sans pente vers l'arrière $\widehat{\mathbf{b}}$ *(suivant le métal à couper)*.

En finition. Un outil identique à ceux employés en pénétration normale.

Outil à pénétration au-dessus de l'axe (fig. V, 1) *(pour filetage extérieur)*. La surface d'attaque est plane, parallèle à la **SR** de base de l'outil et montée au-dessus du plan axial de la quantité *($\boldsymbol{h} = 1/4$ ϕ fond de filet)*.

Les surfaces en dépouille sont inclinées de 60° sur le plan de base. Tenir compte de l'inclinaison de l'hélice.

L'angle du profil varie suivant le diamètre et le pas réalisé (voir fig. V, 1). Pratiquement *(à l'ébauche)* un angle de 55° *(pour filetage **SI**)* convient, mais en finition il faut calculer et affûter l'outil à l'angle convenable corrigé.

Remarque : *Tous les outils à pénétration normale ou oblique conviennent pour le filetage intérieur mais avec des angles de dépouille plus élevés ($\widehat{\mathbf{a}} = 6$ à $15°$). Le talon de l'outil doit être fortement détalonné, surtout pour les petits alésages (< 30 mm.).*

Outils à profil constant. Montés sur porte-outils spéciaux, ils sont utilisés en pénétration normale ou en pénétration conjuguée. Les réaffûtages se font sur la surface d'attaque qui reste généralement plane et parallèle à la **SR** de base ou à l'axe du porte-outil afin de ne pas modifier l'angle du profil.

Outils droits prismatiques (fig. V, 6). Confectionnés dans un barreau par fraisage, traitement thermique et rectification à la forme du profil, ils ne permettent que le filetage extérieur.

Outils circulaires *(molettes)* (fig. V, 2). Ce sont des disques tournés, traités et rectifiés au profil désiré qui conviennent pour le filetage extérieur et intérieur (> 20 mm).

La surface d'attaque est obtenue par meulage *(un calibre spécial permet de vérifier la position par rapport à l'axe)*. On distingue :

1° *Les molettes simples* (fig. V, 3 et 4). Les deux arêtes tranchantes coupent les deux flancs d'un même sillon.

2° *Les molettes doubles* (fig. V, 5). Les deux arêtes tranchantes coupent deux flancs symétriques distants de 1,5 **p** *(mesuré sur cylindre moyen)*, (molette genre SL).

On évite ainsi l'arrachement des flancs usinés.

Remarques : *Ce genre de molette convient également pour les vis à plusieurs filets. Ceux-ci se trouvent usinés simultanément (le nombre d'arêtes tranchantes est double du nombre de filets).*

3° *Les molettes à filets multiples ou peignes.* Elles travaillent sur plusieurs filets et possèdent un cône d'entrée comme un taraud *(le filetage est réalisé en quelques passes)*. Le porte-outil peut s'incliner à l'angle de l'hélice α, il possède dans ce but une graduation angulaire.

4. OUTILS POUR FILET TRAPÉZOÏDAL

Ce sont généralement des outils à grain ajusté à une, deux ou trois arêtes coupantes (fig. VI, 1 - VI, 2 - VI, 3 - VI, 4).

5. AFFÛTAGE DES OUTILS A FILETER

Il peut se faire à la main ou sur affûteuse.

1. Vérifier que le profil du bec tient dans l'échantillon fourni.

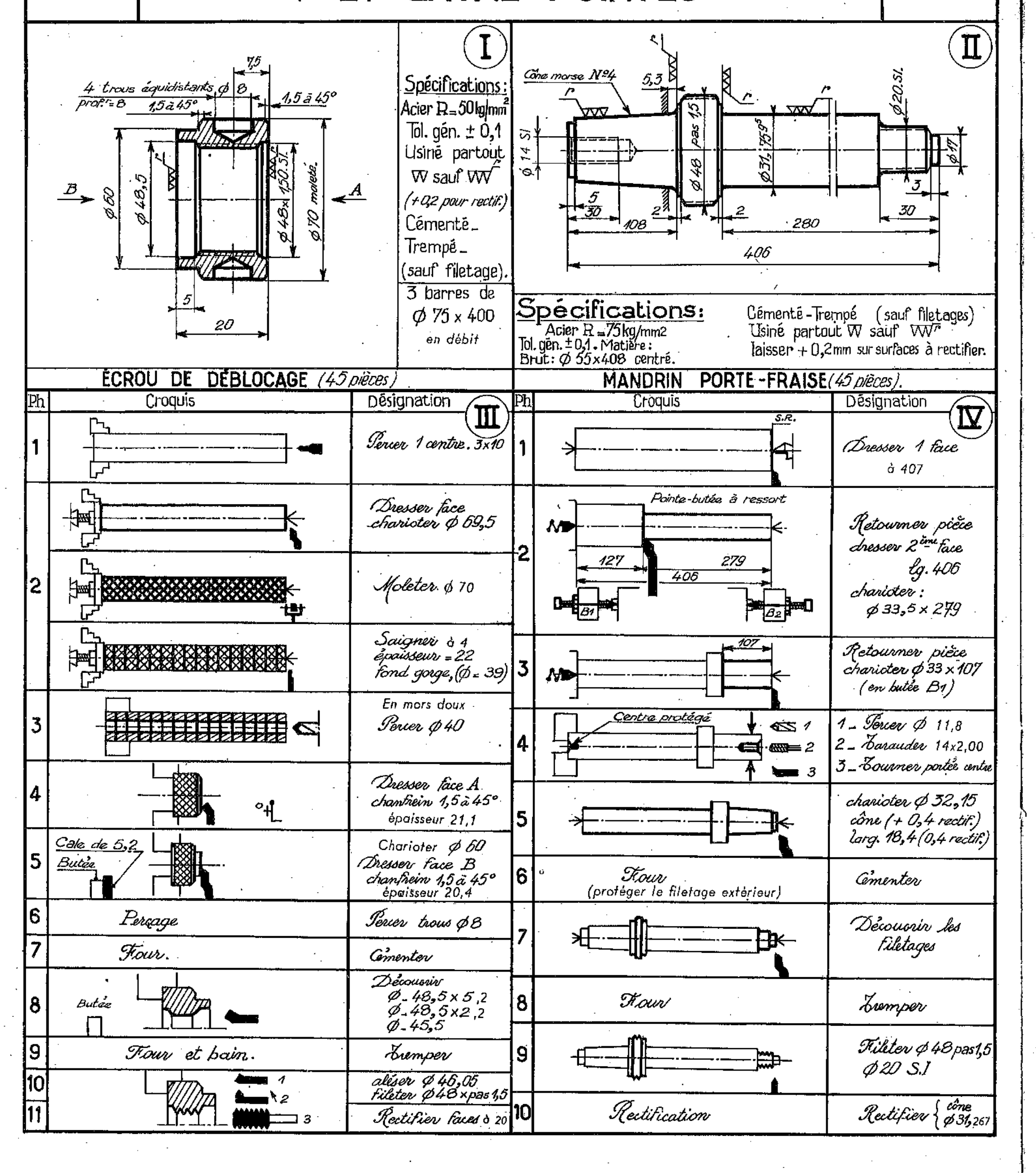
2. Meuler la forme du profil *(face perpendiculaire au plan de base)*.

3. Meuler les faces en dépouille.

4. Meuler la surface d'attaque.

5. Améliorer la finesse d'arête en pierrant les surfaces utiles *(Pierre India pour AR, affiloir pour carbure)*.

Remarque : *Le copeau de filetage coupé dans l'acier avec un outil bien affûté se dégage sous la forme d'un ruban frisé.*



27e LEÇON

LE TOURNAGE EN REPRISE

EN L'AIR ET ENTRE POINTES - PETITES ET MOYENNES SÉRIES

Voir planche 27, ce fasc., 17e, 18e et 19e leçons

1. RAPPEL DE PRINCIPES

Pour le travail unitaire *(1 à 5 pièces)*. Usiner intégralement chaque pièce avant de commencer la suivante.

Pour le travail en série. Conduire l'usinage opération par opération, de front sur toutes les pièces de la série.

2. TOURNAGE DE 45 ÉCROUS (fig. I)

Étude du dessin.

Première considération : Les pièces sont traitées partout *(cémentées, trempées)* sauf sur le filetage, donc prévoir une protection du filetage *(recouvrement)**. Les faces sont rectifiées, donc laisser 0,2 mm de surépaisseur pour la rectification.

Deuxième considération : On a **L** < **D**, donc travail en l'air. La pièce supporte de gros efforts **Fp** pendant l'exécution du moletage ⌀ 74 *(elle doit être bien bloquée)*. Trois procédés sont susceptibles d'application pour usiner cette pièce.

Échantillon avec surlongueur pour prise en mors.
Inconvénient : Perte de métal et usinage supplémentaire.

Pièce usinée en l'air avec reprise pour moletage *(sur mandrin lisse avec serrage en bout).*

Inconvénient : Usinage supplémentaire d'un alésage précis uniquement utilisé pour la mise sur mandrin lisse de reprise.

Usinage en chapelet par barre de 15 pièces.

Avantages : Une seule prise en mors pour 15 pièces. Pas ou peu de perte de métal. Pas d'opération supplémentaire.

Gamme d'opérations (fig. III).

Phase 1. Monter la barre de 15 pièces en mandrin universel à trois mors *(serrer 20 à 30 mm en mors)*. Centrer à la craie puis percer un centre.

Phase 2. Régler et monter la butée de broche pour permettre le serrage sur 10 mm et empêcher la pièce de se déplacer sous l'effort d'avance **Fa**.

Monter la barre. Assurer à la pièce dans les mors une position correcte par une fraction de tour avant blocage *(le centre doit se trouver dans l'axe pour éviter à la contre-pointe de subir des contraintes de flexion)*.

Monter et régler trois outils sur la tourelle carrée *(un outil-couteau 14 D, un appareil pour moletage quadrillé, un outil à tronçonner 26 T-4 × 20)*.

Dresser la face avant *(blanchir seulement)*.

Charioter le ⌀ 70 à — 0,5 mm. Situer le tambour gradué du transversal à zéro.

Faire pivoter la tourelle de 90° sur sa butée. Moleter à 70 *(le métal gonfle)*.

Faire pivoter la tourelle de 90° sur sa butée. Saigner 15 gorges à ⌀ 39 *(contrôler les déplacements de l'outil, entre deux gorges au réglet gradué ou sur l'appareil indicateur d'embrayage de filetage, muni du disque à déplacement millimétrique)*.

Effectuer la dernière saignée près des mors *(la barre tombe)*.

Phase 3. Monter les mors doux. Serrer la barre sur les deux dernières pièces. Percer à ⌀ 40 *(les pièces tombent une à une)*. Assurer l'avance automatique du foret *(porte-outil spécial de tourelle ou attelage de la poupée mobile au traînard)*.

Phase 4. Monter un outil à dresser (13 D). Régler ***p***. Bloquer le traînard sur le banc. Dresser la face **A**. Ramener l'outil au point de départ. Exécuter le chanfrein en avançant le chariot transversal toujours à un même repère, puis le chariot pivotant, de 4 mm. Reculer et rattraper le jeu en ramenant le chariot pivotant à zéro.

Phase 5. Monter un outil-couteau (14 D). Régler la butée du traînard *(pour obtenir une largeur de 15,2)* et le tambour gradué du chariot transversal à zéro *(pour le ⌀ 60)*. Intercaler une cale de 5,2 entre la butée et le traînard pour dresser la face **B** à la cote 20 + 0,4 mm *(0,4 pour rectification des faces)*. Faire pivoter la tourelle, exécuter le chanfrein de 1,5 mm. Casser l'angle et la bavure avec l'outil (13 D) comme précédemment.

Phase 6. Perçage.

Phase 7. Cémenter au bain de sel.

Phase 8. Découvrement* intérieur des épaulements ⌀ 46 × 2 et ⌀ 48 × 5 avec butée de traînard. Aléser le diamètre du filetage à ⌀ 45,5.

Phase 9. Tremper au bain de sel.

Phase 10. Aléser à ⌀ 46,05.

Fileter à l'intérieur ⌀ 48 pas 1,5.

Ébaucher le filetage par pénétration oblique à — 0,2 du diamètre à fond de filet. Calibrer les filetages avec un taraud.

Phase 11. Rectifier les faces.

3. TOURNAGE DE 45 MANDRINS (fig. II)

Étude du dessin.

Première considération : Les pièces sont traitées partout *(cémentées, trempées)* sauf filetages *(prévoir des protections)*.

Deuxième considération : **L** > 2 **D**, donc travail entre pointes.

Les pièces sont rectifiées, donc nécessité d'avoir des longueurs entre pointes identiques *(pour réglage facile des butées sur la rectifieuse)*. Prévoir + 0,2 mm sur les surfaces rectifiées.

Les pièces sont débitées à la scie mécanique et centrées sur machine à centrer. Il faut donc usiner une **SR** en bout et travailler en reprise en utilisant une pointe vive à ressort central *(prévoir une retouche des centres, en butée)*.

Gamme d'opérations (fig. IV).

Phase 1. Entre pointes *(contre-pointe avec méplat)*. Dresser une face (**SR**) avec outil-couteau (14 D).

Phase 2. Monter une pointe vive à ressort central. Mettre la **SR** en butée sur cette pointe. Régler deux butées sur le banc de chaque côté du traînard *(B 1 : côté gauche, pour obtenir la longueur 127 ; B 2 : côté droit, pour obtenir la longueur 406)*. Mettre le tambour gradué du chariot pivotant à zéro *(se servir de ce chariot pour exécuter la cote 406)*.

Dresser la face. Charioter le ⌀ 33,5 (**p** = *10,75*, **a** = *0,1*) avec outil-couteau (14 D).

Phase 3. Retourner la pièce. Régler la butée **B 1** pour obtenir la longueur 107. Charioter le ⌀ 33 (**p** = *11*, **a** = *0,1*).

Phase 4. Montage mixte *(mandrin universel à mors doux et lunette fixe)*. Percer à ⌀ 11,8 × 35 *(monter sur la tourelle une grosse cale servant de butée au fourreau et bloquer le traînard)*.

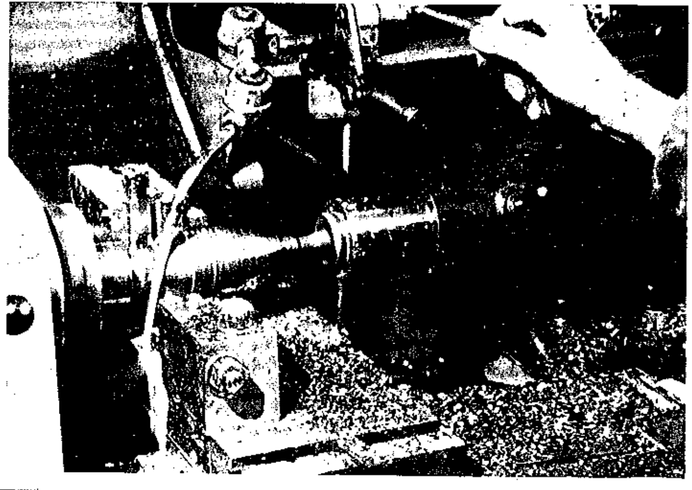
Tarauder à 14 **SI** *(assurer l'entraînement et le guidage des tarauds en employant un porte-taraud coulissant)*.

Exécuter la portée conique de centrage (60°) au chariot pivotant incliné de 30° sur l'axe *(bloquer traînard et chariot transversal)*. Exécuter les protections du centrage et du taraudage.

Retourner la pièce, retoucher le centre *(avec foret à centrer spécial pour centre protégé)*. Amener le fourreau en butée.

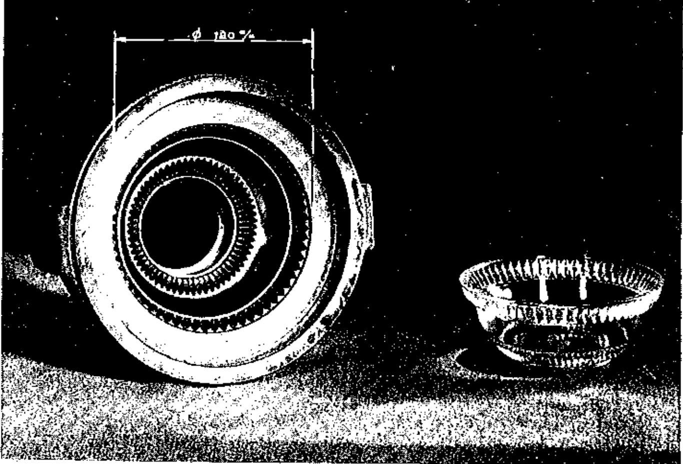
Etc... phases 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Planche 28	LE TOURNAGE EN REPRODUCTION



EXÉCUTION DE LA PIÈCE (fig. II) (cliché ERNAULT.B)

GRAVURE EXTÉRIEURE (cliché ERNAULT.B)



MOULE (reproduction intérieure) (cliché ERNAULT.B)

Spécifications :

▽ Usiné partout, sauf ▽▽ ∼ — Tolé. gén[les.] ± 0,1.

BOMBE DE 60 mm.

GAMME D'USINAGE N°

Elément	Corps	Dessin	12	Rep.	A
Organe		Mat.	Fonte aciérée	Nb.	100
Ensemble	Bombe				

Gabarits — IV — S.R.

Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc+Tm
1	Tournage en mandrin 3 mors – dresser face – dresser fond – chanfreiner à 60° – aléser ø 13,8 – gorge ø 16,4 x 2	butée	carbure 13 D 14 DA 10 26 DA 10	Jauge calibre 60° PàC.	45'	1,15
2	Retourner pièce – chanfreiner – aléser ø 27,8 – dresser face – mettre lg. 135 – tarauder 30x2,00		13 DA 10 — 13 D — Tarauds 30x2,00	PàC. Tampon PàC. C.M. 135±0,1 Tampon Fil. 30x2,00	45'	0,50
3	En montage mixte – tourner profil extérieur – gorges. – finir ø 59,89		outil spécial à reproduire O. de forme	Gabarits C.M. de 59,89 +0/−0,02	30'	1,40

Nota : Vérifier les cotes et la forme, toutes les 5 pièces. totaux... 120' 3,05

28e LEÇON	LE TOURNAGE EN REPRODUCTION	Voir planche 28, ce fasc., 12e leçon

Le tour parallèle convient pour l'exécution des surfaces de révolution dont la génératrice est dite ***« de forme »*** ou ***« non rectiligne »***.

Les procédés d'exécution varient en fonction de la quantité de pièces à usiner. Le contrôle de forme nécessite des gabarits.

L'usinage de la pièce type (fig. II) justifie l'emploi des gabarits de contrôle suivants :

Gabarits à profil partiel.

Gabarit à rayon 39,38 avec pente de 13° prenant appui sur les ø 59,89 et 36,5.

Gabarit à rayon 500 avec pente de 10° 20′ prenant appui sur la génératrice conique, le ø 59,89 et la surface arrière.

Gabarit à profil complet : Pour le contrôle final.

1. VARIATION ÉVENTUELLE DES PROCÉDÉS

(fig. II) *(usinage du profil seulement)*.

Montage de la pièce : montage mixte en reprise sur cochonnet fileté à 30 pas 2 et épaulé au ø 36,5. Utiliser une contre-pointe tournante à billes.

Pièce unitaire : Pas d'outil ou d'appareillage spéciaux *(pièce venue de fonderie avec surépaisseur = 3 à 4 mm)*.

Réalisation par outils à main.

Phase 1. Charioter ø 59,89 *(2 passes : ébauche + finition)*.

Tracer les cotes 27 et 22 très légèrement *(avec la pointe de l'outil à fileter)*.

Phase 2. Charioter le cône de pente 13°. *(Vérifier la pente avec le calibre prenant appui sur ø 59,89 et sur ø 36,5 du cochonnet.)*

Phase 3. Ébaucher le rayon 39,38 par un tronc de cône tangent (pente ≃ 30°). Présenter le calibre. Repérer les saillies à la craie ou au crayon gras.

Ébaucher le rayon à + 0,2 par déplacement manuel et conjugué des chariots *(transversal et traînard ou chariot pivotant)*.

Éliminer les saillies *(outil à retoucher)*.

Terminer le rayon avec un outil à main *(plane)* reposant sur un support. Contrôler au gabarit la forme obtenue.

Tenue de l'outil : Le maintenir en position à 45° sur son support, la main droite située en haut du manche. Avec la main gauche, le faire pivoter sur la pièce pour exécuter le rayon.

L'arête tranchante ne doit jamais passer au-dessous de l'axe *(risque d'accident pour l'opérateur, engagement dans la pièce et rupture de l'outil)*.

Phase 4. Ébaucher le rayon 500 par un tronc de cône tangent (pente ≑ 12°).

Terminer le petit cône en bout (pente 10° 20′). Déplacer l'outil jusqu'à raccordement avec le cône précédent.

Présenter le gabarit, marquer les saillies. Ébaucher le rayon à la main aux « *deux manivelles* » avec un outil à retoucher. Terminer le rayon à la plane. Présenter le gabarit à profil complet. *(La génératrice de la pièce doit épouser le gabarit.)*

Nota : La finition des deux rayons peut être exécutée entièrement aux « deux manivelles », par lecture des déplacements. Pour cela : monter le gabarit à profil complet sur un support fixe relié au banc. *(Les **SR** parallèles à l'axe.)*

Monter un comparateur sur la tourelle.

Amener l'outil en position de départ (ø 59,89) et le palpeur du comparateur au même endroit sur le gabarit *(repère à 0)*.

Embrayer **Mc**. Assurer le déplacement de l'outil et vérifier sur le cadran que l'aiguille reste à zéro. *(Le rayon du bec de l'outil et celui du palpeur doivent être égaux.)*

Petite série (100 pièces).

Conduire le travail opération par opération.

Régler la contre-pointe pour tournage cylindrique.

Phase 1. Charioter le diamètre extérieur 59,89.

Phase 2 *(réalisation côté rayon 39,38)*.

Monter un outil sur chaque côté de la tourelle réglée avec butée *(outil 11 D et outil de forme au rayon 39,38)*.

Exécuter le cône de pente 13° *(deux passes avec outil 11 D)*.

Faire pivoter la tourelle de 180°.

Exécuter le rayon 39,38 *(outil de forme préalablement dégauchi d'après gabarit)* L'arête tranchante doit tangenter sur le ø 36,5 et raccorder le cône de pente 13°.

Phase 3 *(réalisation côté rayon 500)*.

Monter une extrémité de bielle d'entraxe 500 sur un support fixe adapté au banc du tour. Atteler le chariot transversal rendu libre de coulisser, à l'autre extrémité de la bielle.

Deux solutions sont acceptables pour l'exécution du cône de pente 10° 20′ ;

1. *Utiliser un tour avec deux chariots pivotants.*

Ébaucher le rayon partant du ø 59,89 avec la bielle *(avance automatique du traînard)*.

Terminer le cône de pente 10° 20′ au chariot pivotant *(chariot transversal bloqué sur la glissière)*.

Terminer le rayon 500 avec la bielle et l'avance automatique *(chariot transversal débloqué)*.

2. *Utiliser un tour ordinaire et travailler en reprises.*

Ébaucher et terminer tous les cônes au chariot pivotant sur la série de pièces. Monter la bielle. Ébaucher et terminer tous les rayons 500 *(mettre le chariot pivotant perpendiculaire à l'axe.)*

Nota : Cette dernière solution présente l'avantage de la rapidité d'exécution. Par contre on peut redouter les défauts de raccordement, entre surfaces de forme exécutées en reprises.

Grande série : Deux solutions :

Emploi du tour parallèle avec reproducteur.

Monter un gabarit reproducteur sur un support fixe adapté au banc. *(Dégauchir les **SR** du gabarit parallèlement à l'axe avec un comparateur monté sur la tourelle.)*

Monter un attelage porte-galet sur le chariot transversal. *(Dégager la noix de la vis du chariot)*. Mettre le galet en contact avec le gabarit. *(Adapter un ressort ou un contrepoids de rappel.)*

Orienter le chariot pivotant perpendiculairement à l'axe.

Mettre l'outil en position de départ *(côté ø 36,5)*.

Embrayer **Mc**, puis **Ma**. Effectuer une passe d'ébauche à + 0,5 *(outil à charioter 11 G)*.

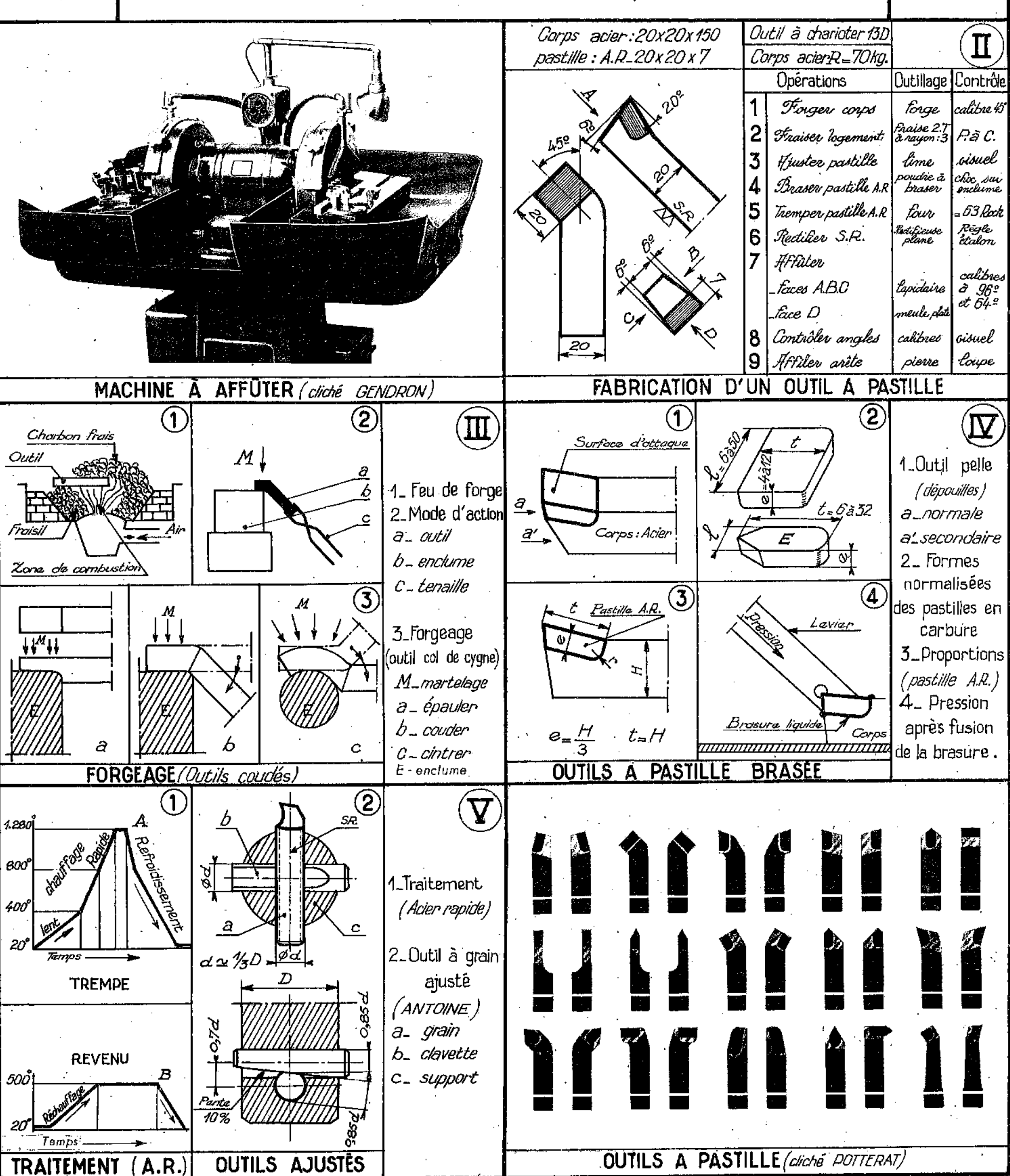
Faire pivoter la tourelle de 180° *(outil de finition 31)* et finir.

Inconvénient : Pression du galet reproducteur sur le gabarit, élevée et non constante.

Emploi d'un tour parallèle équipé pour le copiage hydraulique *(gamme fig. IV, phase 3) (planche 12, fig. V)*.

Monter le gabarit ou la pièce type sur son support. *(**SR** parallèle à l'axe)*. Monter l'outil sur son support *(carbure métallique)*. Monter la pièce *(montage mixte)*. Régler la pression de la contre-pointe pneumatique. Amener le doigt copieur en contact avec le gabarit *(sur ø 24)* et l'outil en position de départ (ø 24). Le réglage **Mp** se fait directement par la vis du chariot transversal.

Embrayer **Mc**, puis **Ma** et charioter le profil.



29e LEÇON

FABRICATION, CONTRÔLE ET AFFÛTAGE DES OUTILS DE TOUR

Voir planche 29, ce fasc., 3e leçon, fasc. 2, 8e leçon

1. FABRICATION DES OUTILS

Outils mono-blocs.

Outils droits : La forme du bec est donnée par meulage. L'outil est généralement pris dans la barre laminée. Le meulage du bec se fait après trempe. La **SR** doit être rectifiée. Éviter la détrempe du bec, par arrosage abondant lors du meulage.

Outils coudés : La forme du bec est obtenue par forgeage *(outils renvoyés, outils à col de cygne)* (fig. III).

Réalisation *(outils en **AR** dans un four spécial ou au feu de forge)*. Préchauffe lente (400° C). Chauffe plus rapide (850° C). Chauffe rapide jusqu'à 1 200° C *(température de forgeage de l'**AR** comprise entre 860° et 1 200° C, du rouge cerise au jaune orange)*. Façonnage rapide du bec de l'outil au marteau sur l'enclume *(par étirage ou cambrage en une seule « chaude » si possible)* (fig. III, 3). L'outil est maintenu dans une tenaille (fig. III, 2).

*La **SR** doit être rectifiée après trempe.*

Outil à mise rapportée *(Brasage des pastilles ou plaquettes en **AR** ou en carbure*)* (fig. II et IV).

Préparation du corps d'outil :

Dresser la **SR** du corps d'outil en acier *($R = 65$ à $75\ kg/mm^2$)*.
Usiner le logement de la plaquette *(fraisage et ajustage)*.
Assurer le contact des surfaces d'appui.

Préparation des plaquettes en AR. Elles sont prises dans la barre et ajustées dans leur logement sur le corps d'outil.

Préparation des plaquettes en carbure. Elles sont obtenues directement à leur forme définitive par frittage.

Brasage des plaquettes *(**AR** et carbure)*.

Nettoyer corps et plaquette. Chauffer séparément la plaquette et l'extrémité du corps d'outil à 800° C en évitant l'oxydation *(flamme réductrice et borax)*.

Brosser énergiquement avec une carde le logement de la plaquette, le garnir de poudre à braser et loger la plaquette.

Reprendre le chauffage jusqu'à la température de brasage *(900° C pour les carbures, 1 150° pour les **AR**)*. Observer la fusion et l'écoulement de la brasure; ajouter du borax.

Retirer du four, presser énergiquement sur la plaquette pendant 10 à 20 secondes pour réduire et régulariser l'épaisseur de la brasure (fig. IV, 4).

Refroidir lentement les outils à pastille en carbure *(dans du poussier de charbon de bois)* pour éviter les fissures.

Les carbures ne se trempent pas, leur dureté étant naturelle. Tremper les outils à plaquette en **AR** *(voir chapitre 2)*.

Observer la régularité de la ligne de brasure après refroidissement et meulage d'ébauche. Constater à la loupe l'absence de fissure sur l'arête tranchante.

Outils à grain ajusté dans un porte-outil spécial. Le grain *(outil)* est pris dans un petit barreau cylindrique ou prismatique en **AR** calibré, trempé et rectifié. Il est fixé sur le porte-outil par vis ou clavette (fig. V, 2).

La forme du bec est obtenue directement par meulage. Tenir compte de la position de la **SR** du grain, dans le porte-outil, lors de l'affûtage.

2. TRAITEMENT THERMIQUE DES OUTILS EN AR (fig. V, 1)

Trempe : Se pratique sur le bec de l'outil pour le durcir par chauffage et refroidissement successifs. Utiliser par ordre de préférence : les fours à bain de sel, électriques, à gaz, à huile, le feu de forge. L'emploi d'un pyromètre optique permet de connaître la température de chauffage avec précision.

Réalisation : Chauffer lentement jusqu'à 400° C, vivement jusqu'à 850° C *(rouge cerise)* puis rapidement à ≃ 1250° C.

Refroidir dans un jet d'air sec, un bain d'huile ou un bain de pétrole. Remuer l'outil dans le bain pour assurer la régularité du refroidissement et l'homogénéité de la trempe.

Revenu : Après trempe, réchauffer le bec de l'outil à ≃ 550° C pendant 30 minutes. Laisser refroidir lentement à l'air libre.

Contrôle de la dureté : Se fait sur machine Rockwell à pénétrateur de diamant *(dureté **AR** ≃ 65 Roc)*.

3. AFFÛTAGE

Il peut être réalisé à la main *(sur touret à meuler)* ou mécaniquement *(sur affûteuse)*; dans ce cas, la position et le déplacement de l'outil devant la meule sont obtenus automatiquement.

Meule utilisée : Caractéristiques :
Abrasifs alumineux pour meulage des **AR** et stellite.
Abrasif siliceux moyen et diamant pour meulage des carbures.
Caractéristiques moyennes de meules pour outils de coupe.
AR: A 60 M 9 V; **Stellite:** A 46 M 7 V; **Carbure:** C 80 J 7 V *(ébauche)* et C 150 G 7 V et diamant *(finition)*.

Délustrage et dressage des meules. Utiliser le *diabolo* en carborundum et la *molette (ébauche)* ou le diamant *(finition)*. Prendre des passes de 0,02 mm à sec et déplacer le diamant sur la surface de meule à dresser. Contrôler l'opération de dressage en observant le changement de couleur sur la surface dressée et d'après le bruit produit par le diamant sur la meule *(crissement)*.

Conditions générales d'exécution. Régler le support ou le guide de l'outil suivant l'angle à obtenir. Placer l'arête tranchante afin qu'elle reste visible pendant le meulage. Éviter l'échauffement en déplaçant rapidement l'outil sur la meule. Arroser abondamment pendant l'opération.

Le meulage des surfaces en dépouille des outils à plaquette de carbure se fait en deux opérations (fig. IV, 1).

1. Meulage du corps avec meule adoptée pour l'acier.
2. Meulage de la plaquette avec meule adoptée pour le carbure.

Utiliser des calibres pour vérifier les angles obtenus.

Affilage. Pour faire disparaître les bavures, les traits de meule et obtenir une grande finesse d'arête utiliser : pierre India pour **AR** et affiloir diamant pour carbure. Déplacer la pierre ou l'affiloir sur l'outil tout en assurant leur contact pendant le déplacement lent. Lubrifier avec huile ou pétrole.

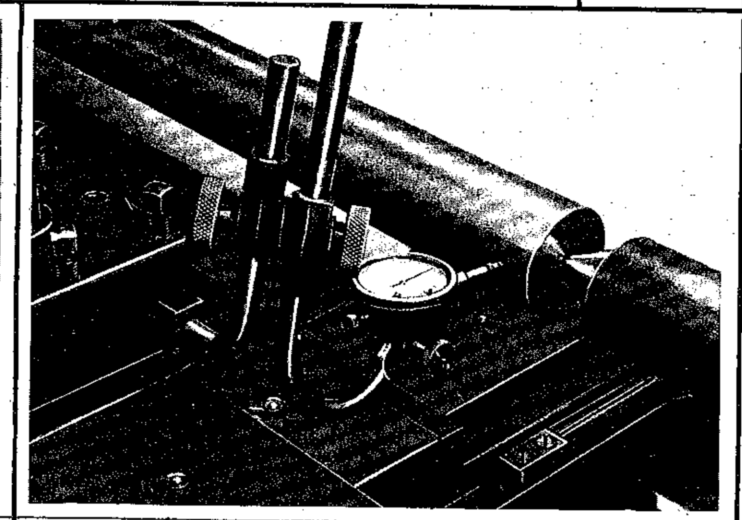
Le pierrage ne doit pas déformer les surfaces ni modifier les angles.

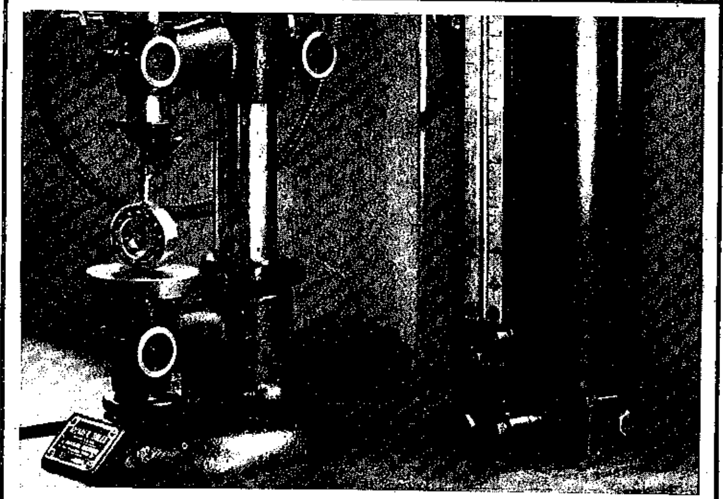
4. RÉALISATION DES OUTILS DE FORME

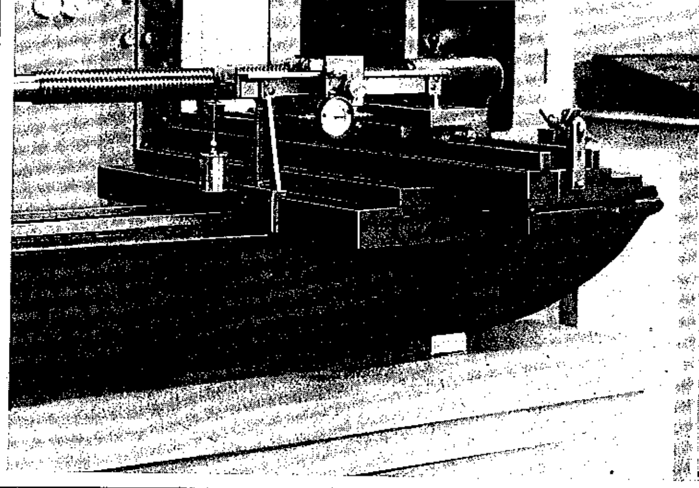
Suivant la complexité du profil de leur arête ils sont réalisés par meulage à main *(profil simple, rayon convexe)*, par meule de forme appropriée *(rayon concave)* ou mécaniquement par fraisage et ajustage *(profil complexe)*; dans ce cas, préserver l'arête de l'oxydation lors de la trempe, par enduit de savon noir ou d'huile. La surface d'attaque est rectifiée, plane ou en « coupe cuillère » *(avec une petite meule pneumatique portative)*. Pierrer ensuite le profil.

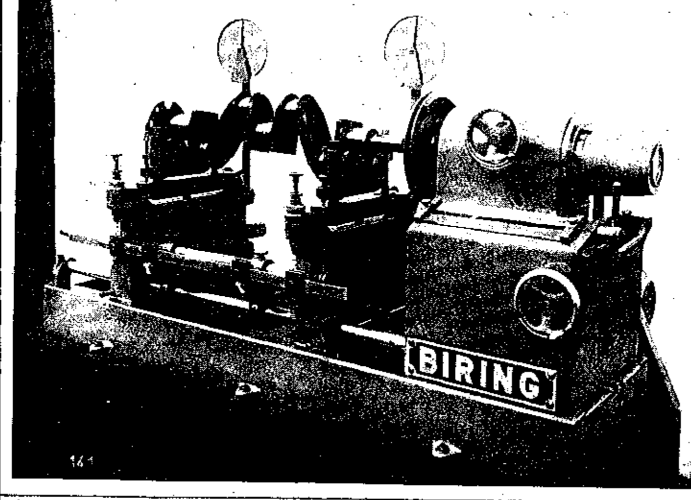
Planche 30	CONTRÔLE


VÉRIFICATION D'UN TOUR *(cliché S.O.M.U.A)*

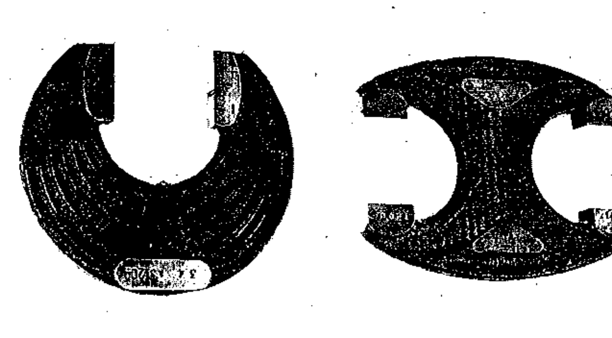

VÉRIFICATION D'UN TOUR *(cliché ESSAIS M.O)*


MESURE PNEUMATIQUE *(cliché SOLEX)*


CONTRÔLE D'UN FILETAGE *(cliché S.O.M.U.A)*



MESURE D'UN BALOURD DE VILEBREQUIN *(cliché BIRING)*


CALIBRES A DIMENSIONS FIXES *(cliché C. de PRÉCISION)*

30e LEÇON

CONTRÔLE DES PIÈCES DE TOURNAGE

Voir planche 30, fasc. I, 17e leçon

1. PRINCIPES A OBSERVER. Il faut :

Avant l'usinage. Mesurer ou balancer la pièce brute, pour s'assurer que la pièce finie peut « sortir ».

Pendant l'usinage. Déterminer les surépaisseurs à couper.

Après la dernière passe. S'assurer que la surface est conforme aux spécifications de tolérance et d'état superficiel.

Après l'usinage. Contrôler la conformité de la pièce.

2. UTILISATION DES VÉRIFICATEURS

Immobiliser **Mc** et **Ma**. Nettoyer soigneusement les surfaces à vérifier et les **SR** du vérificateur. Éviter les erreurs de lecture dues aux différences de température et aux pressions de contact entre pièce et vérificateur. Éventuellement, avant leur utilisation, étalonner les vérificateurs à dimensions variables, à la cote à réaliser. Présenter les vérificateurs correctement *(horizontalement ou verticalement suivant les cas)*.

3. EMPLOI DES VÉRIFICATEURS A DIMENSIONS VARIABLES *(Pour diamètres et longueurs.)*

Mode d'emploi du réglet gradué. Pour les opérations d'ébauche *(longueur principalement)*. Poser le réglet sur la génératrice de la pièce et appliquer sa **SR** contre la face épaulée. Lire la cote face à la **SR** de la pièce.

Mode d'emploi du pied à coulisse. Pour opérations d'ébauche et de finition (**IT** > 20 µ).

Pour diamètres et longueurs extérieurs.

1. *Diamètre inférieur à 400 mm :* ouvrir les becs.

Prendre le pied à coulisse entre quatre doigts de la main droite sous le bec fixe et le pouce sur le bec mobile.

Engager par l'arrière le pied à coulisse sur la pièce *(à l'arrière des becs)*. Serrer légèrement, de la main gauche, la vis de blocage.

Dégager le pied à coulisse et lire la dimension obtenue.

2. *Diamètre et longueur supérieurs à 400 :* ouvrir les becs.

Prendre le pied à coulisse à deux mains *(main gauche sur le bec fixe, main droite sur la règle)*. Engager le pied sur la pièce. Pousser le bec mobile avec le pouce de la main droite jusqu'au contact de la pièce. Serrer la vis du vernier. Lire la cote.

Pour diamètres et longueurs intérieurs. Opérer à deux mains. Exercer une traction sur le bec mobile tout en assurant une oscillation pour trouver la position correcte.

Mode d'emploi du palmer. En finition, lorsque la dimension actuelle est à 0,2 de la cote finale *(pour* **IT** < 50 µ*)*.

Diamètres et longueurs extérieurs *(emploi du palmer ordinaire suivant dimension, 0-25, 25-50, etc.)*.

Ouvrir les touches. Tenir le corps du palmer de la main gauche. Engager le palmer. Appuyer la touche fixe sur la pièce. Amener par rotation la touche mobile en contact. Se servir de la friction *(main droite)* lors du contact tout en assurant un mouvement oscillant au palmer sur la pièce, pour trouver la position correcte. Lire la dimension directement ou encore indirectement après léger serrage du frein.

Diamètres et longueurs intérieurs *(emploi du palmer d'intérieur ou jauge micrométrique)*. Tenir appuyée sur la pièce *(de la main gauche)* la touche fixe *(côté rallonge)*. Amener la touche mobile en contact de la pièce *(par rotation du tambour gradué)*, puis opérer comme pour le palmer ordinaire *(lire la dimension directement de préférence)*.

Contrôle du diamètre sur flancs d'un filetage extérieur SI.

1. *Avec palmer à filet :* choisir un palmer avec enclume en fonction du pas à contrôler puis opérer comme pour un diamètre extérieur. Poser la touche fixe *(enclume)* sur le filet et amener la touche mobile en contact sur le filet opposé.

2. *Avec palmer ordinaire et trois piges :* positionner les piges : deux dans des filets voisins *(en dessous)* et une dans le filet supérieur opposé. Maintenir les piges à la main ou mieux avec des liens élastiques de chaque côté de la pièce. Si les touches du palmer ne sont pas assez larges, interposer une cale-étalon entre les deux piges inférieures et la touche fixe *(en soustraire la valeur lors de la lecture)*. Opérer ensuite comme pour un diamètre ordinaire.

4. EMPLOI DES VÉRIFICATEURS A DIMENSIONS FIXES

A utiliser pour s'assurer que **D** maxi $\geqslant$ **D** réel $\geqslant$ **D** mini.

Mode d'emploi des calibres-mâchoires.

Prendre le calibre entre trois doigts de la main droite *(pouce, index, majeur)*. Introduire le calibre sur la pièce sans forcer. Le côté maxi doit rentrer grassement et sans jeu, le côté mini ne doit pas monter sur la pièce.

Mode d'emploi des tampons lisses, des jauges plates, cylindriques et planes pour contrôler les alésages et les mortaises. Saisir la poignée moletée ou le corps. Présenter sans forcer successivement les côtés mini et maxi des jauges cylindriques en plusieurs positions pour contrôler diamètre et parallélisme. Seul le côté mini doit entrer grassement.

Précautions. Éloigner l'outil de la pièce ou recouvrir son arête avec un chiffon lors du contrôle d'un alésage *(risque de blessure au retrait du tampon)*.

Pour contrôler les alésages borgnes, utiliser des tampons lisses à trou, ou à rainure d'évacuation d'air.

Mode d'emploi des bagues et tampons filetés pour contrôler les filetages courants. Saisir la partie moletée à pleine main. Engager le premier filet. Essayer de visser par une légère pression, lorsque les premiers filets sont engagés.

5. EMPLOI DES VÉRIFICATEURS DE FORME

Pour contrôle des portées coniques. Utiliser les bagues et tampons coniques étalons.

Contrôle en cours d'ébauche. Tracer à la craie trois génératrices à 120° sur la pièce. Engager le calibre. Le faire tourner d'un tiers de tour dans chaque sens en tenant la poignée moletée à pleine main. Retirer le calibre et observer les portées sur les trois traits *(ils sont effacés où le vérificateur porte)*.

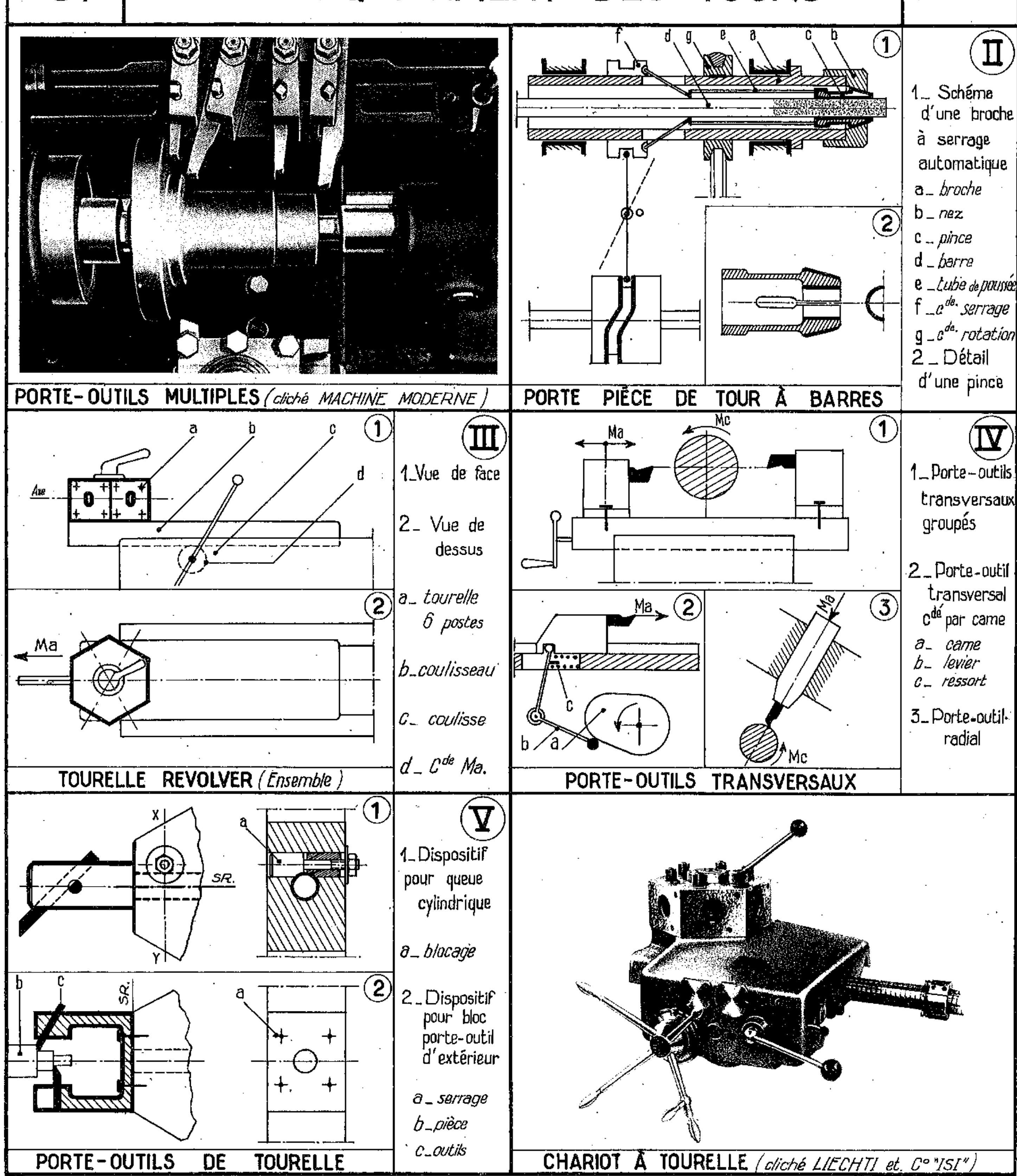
Contrôle en finition. Remplacer la craie par une mince couche de sanguine, ou mieux de bleu de Prusse à l'huile. Enduire le calibre et le monter sur la pièce. Vérifier par pressions radiales sur le vérificateur que ce dernier ne « boite » pas, puis opérer comme précédemment *(les portées sur la pièce sont recouvertes du bleu enlevé au calibre)*. En finition, la portée doit apparaître sur toute la longueur contrôlée par le calibre.

Pour contrôle des formes *(angles ou profils)*. Le contrôle s'effectue visuellement par mise en contact des **SR** calibre et pièce. Les profils doivent coïncider quand le calibre est présenté normalement à la surface de la pièce.

6. MODE D'EMPLOI DU COMPARATEUR

Pour contrôler la concentricité ou l'excentrage de deux surfaces de révolution, le voilage des faces planes, etc.

Le comparateur peut être monté sur la tourelle dans un support spécial ou bien reposer sur le banc du tour. Placer le palpeur perpendiculairement à la génératrice à contrôler. Limiter la course utile du palpeur à 1 mm environ. Soulever le palpeur et le laisser redescendre en l'accompagnant à la main. Amener le zéro du cadran sous l'aiguille. Lire les déplacements de celle-ci perpendiculairement au cadran *(assurer la rotation de la pièce à la main pendant la lecture)*.



31e LEÇON

PERFECTIONNEMENT DE L'ÉQUIPEMENT DES TOURS

Voir planche 31

1. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU TOUR PARALLÈLE

Avantages. Il est universel *(possibilité d'exécuter toutes les surfaces dans la limite de ses capacités dimensionnelles)*.

Il est rapidement équipé *(un seul outil généralement)*.

Inconvénients. Tous les mouvements : **Mc, Ma, Mp** sont commandés à la main. Un seul outil travaille à la fois. Un opérateur qualifié est nécessaire, même pour les pièces simples.

Le coefficient d'utilisation est faible, certains accessoires ne sont que rarement utilisés *(vis-mère, reproducteur, etc.)*.

2. ÉVOLUTION DU TOURNAGE

On vise à réduire simultanément les temps de coupe et les temps de manœuvres *(dits temps morts)*.

Cette évolution conduit au perfectionnement du tour parallèle *(possibilité d'utiliser de grandes vitesses de coupe)* et à la création de tours spéciaux pour grande série *(réduction des temps morts)*.

Perfectionnement du tour parallèle.

1. Puissance moyenne passée en vingt ans de 2 à 8 ch sur les tours H. d. P. 170;
2. Mise en place d'un outil auxiliaire *(porte-outil arrière)*;
3. Dispositif de contrôle des déplacements *(butées)*;
4. Serrage pneumatique de la pièce;
5. Avances hydrauliques avec possibilité de tournage en reproduction.

Création de tours spéciaux.

Pour chaque famille de pièces, et selon la quantité de pièces identiques à tourner, on a recours à des machines-outils dérivées du tour parallèle. Chacune d'elles possède un ou plusieurs avantages sur ce dernier :

1. Simplicité d'organe;
2. Rapidité de montage de la pièce;
3. Possibilité d'action simultanée de plusieurs outils;
4. Possibilité d'action simultanée sur plusieurs pièces;
5. Cycle de travail semi ou entièrement automatique.

3. ÉQUIPEMENTS PARTICULIERS DES TOURS POUR GRANDES SÉRIES DE PIÈCES PRISES EN BARRE

La plupart des tours spéciaux sont établis pour le tournage des pièces prises dans la barre. Ils possèdent un certain nombre de caractéristiques communes :

Porte-pièce (fig. II, 1, 2).

C'est une douille fendue *(pince)* caractérisée par son diamètre d'alésage cylindrique *(égal au diamètre de la barre à serrer)*. L'extérieur conique se centre (**SR**) dans le nez de broche.

Fonctionnement. La pince élastique a toujours tendance à s'ouvrir, c'est-à-dire à libérer la barre en usinage. Une pression longitudinale faisant porter les **SR** coniques provoque le pincement et ainsi l'entraînement en rotation, par adhérence.

Mode de commande (fig. II, 1). Le serrage de la pince peut s'effectuer à la main au moyen d'un levier, ou automatiquement en asservissant le levier à une came.

Porte-outil.

Tous les tours à barre permettent la mise en œuvre simultanée de plusieurs outils de coupe et même de plusieurs groupes d'outils.

Premier groupe. Porte-outils axiaux ou « de tourelle » (fig. III). Le dispositif est une solution très perfectionnée de la contre-poupée de tour parallèle utilisée comme porte-outil de forage.

En effet, la tourelle de tour à barre possède :

1° L'avance (**Ma**) automatique *(parallèle à l'axe)* avec butée en fin de course;

2° Le pivotement et le blocage semi-automatique ou automatique de la tourelle sur son chariot pour présentation des outils successifs *(4 à 6 postes)*.

Deuxième groupe. Porte-outils transversaux (fig. IV).

Ce groupe peut être comparé au système en usage sur les tours parallèles à charioter *(chariot transversal)*. Il y a deux blocs porte-outils, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière.

Quelquefois on a seulement une trajectoire (**Ma**) perpendiculaire à l'axe du tour. Les outils travaillent alors seulement en plongée. L'outil arrière coupe à l'envers, principalement pour effectuer des opérations accessoires ou des saignées.

Porte-outils transversaux à commande automatique (fig. IV, 2). Ces blocs porte-outils ont un déplacement d'avance rectiligne dans leur guidage. L'avance (**a**) uniforme ou variable est actionnée par une came plate.

Le mouvement de rotation de la came d'avance transversale est synchronisé avec le mouvement de coupe et le mouvement de serrage de barre.

Porte-outils radiaux (fig. IV, 3). On les trouve fréquemment sur les petits tours automatiques les plus modernes. Cet arrangement permet d'animer individuellement un grand nombre d'outils (3 à 6) à trajectoire rayonnante. Chaque porte-outil glissant dans sa coulisse dépend d'une came et d'un groupe de leviers intermédiaires.

Troisième groupe. Porte-outils latéraux. Comme sur les tours parallèles, le mouvement d'avance est possible parallèlement à l'axe pour deux blocs-outils placés de part et d'autre de l'axe. L'adjonction de cames accessoires permet d'obtenir des trajectoires obliques ou curvilignes. On arrive ainsi aux travaux de forme ou par exemple au filetage automatique (système CRI-DAN).

Porte-outils de tourelle (fig. V).

Chaque poste de tourelle présente, pour réception des outils, deux séries de **SR** :

1° ***Un alésage cylindrique*** ϕ = 25,4 ou 38,1 *(dont l'axe doit se confondre avec celui de la broche)* pour réception des outils légers d'action axiale : perçage, alésage, taraudage, filetage à la filière et butée de longueur;

2° ***Une surface plane*** généralement perpendiculaire à l'axe et pourvue de trous de fixation pour des outils ou des porte-outils lourds généralement affectés aux surfaçages extérieurs.

4. ÉQUIPEMENTS PARTICULIERS DE TOURS POUR GRANDES SÉRIES DE PIÈCES BRUTES

La pièce brute, dès qu'elle est lourde ou de forme un peu compliquée, ne peut pas être mise en place automatiquement. Par contre, les opérations de coupe sont souvent automatiques.

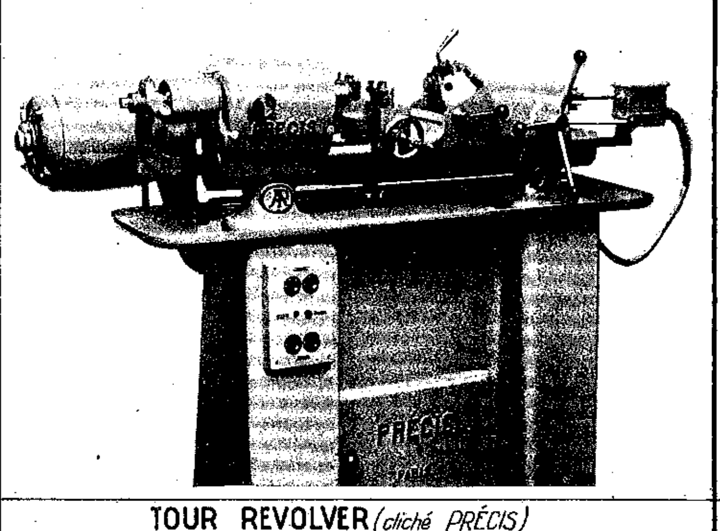
Il en résulte pour ces tours généralement :

1° ***Un porte-pièce*** analogue à ceux du tour parallèle à charioter (plateau, mandrin, support spécial). Toutefois le serrage est souvent assuré par air comprimé *(pression 5 kg/cm²)*;

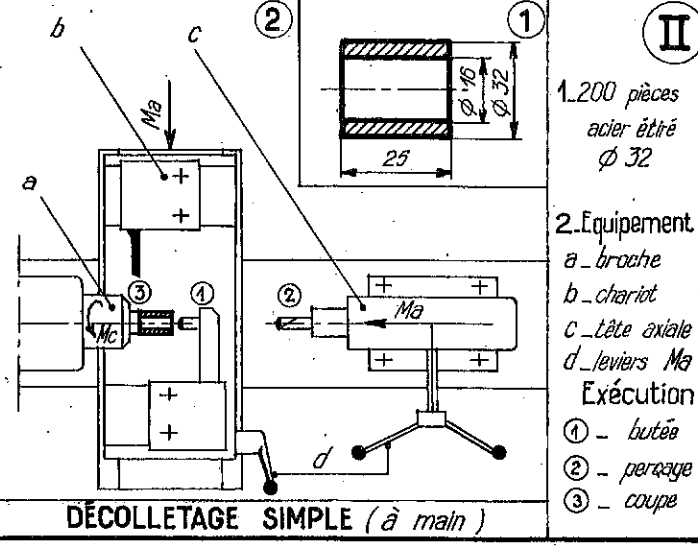
2° ***Un porte-outil*** analogue à ceux des tours de série à barre.

Planche 32

USINAGE SUR TOUR REVOLVER ET TOUR DE REPRISE



TOUR REVOLVER (cliché PRÉCIS)



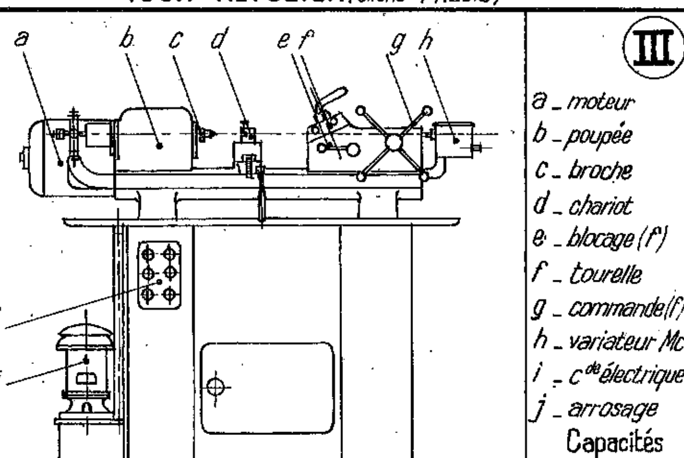
② ① (II)

1_200 pièces acier étiré ø 32

2_Équipement
a_broche
b_chariot
c_tête axiale
d_leviers Ma

Exécution
① _ butée
② _ perçage
③ _ coupe

DÉCOLLETAGE SIMPLE (à main)

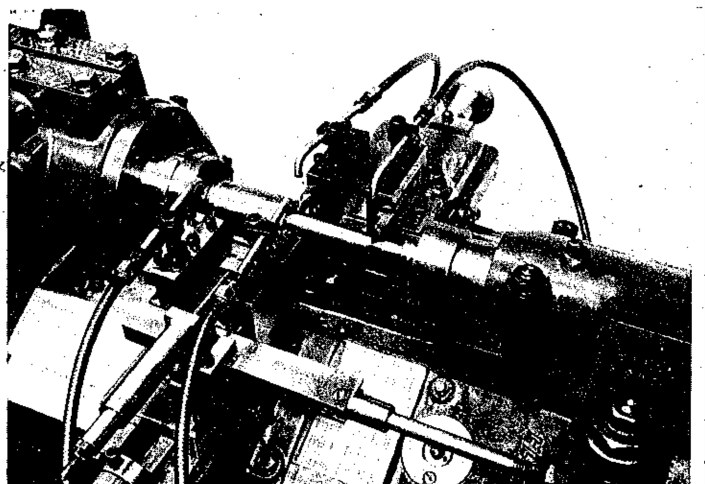


(III)

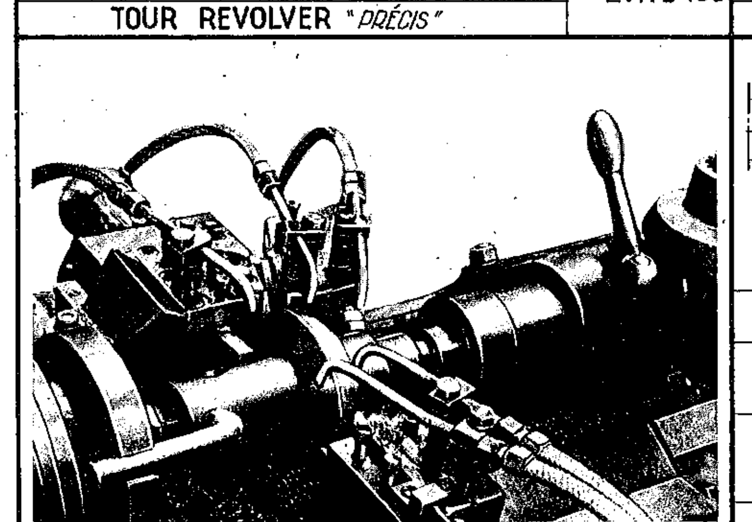
a_moteur
b_poupée
c_broche
d_chariot
e_blocage (f)
f_tourelle
g_commande (f)
h_variateur Mc
i_c^de électrique
j_arrosage

Capacités
H. de P. = 100
E. P. = 400

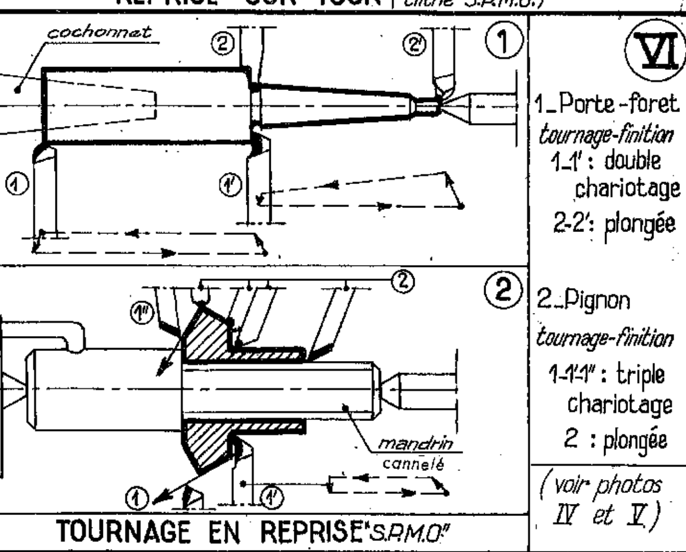
TOUR REVOLVER "PRÉCIS"



REPRISE SUR TOUR (cliché S.P.M.O.)



REPRISE SUR TOUR (cliché S.P.M.O.)



(VI)

① 1_Porte-foret
tournage-finition
1-1' : double chariotage
2-2' : plongée

② 2_Pignon
tournage-finition
1-1'-1'' : triple chariotage
2 : plongée

(voir photos IV et V)

TOURNAGE EN REPRISE "S.P.M.O."

32e LEÇON

USINAGE SUR TOUR REVOLVER ET TOUR DE REPRISE

Voir planche 32

Les tours simples pour tournage en série sont manœuvrés manuellement à l'exception des mouvements d'avance (**Ma**) qui sont généralement automatiques *(commandés par vis et écrou ou par came)*.

On distingue les machines ci-après :

1. TOUR A DÉCOLLETER ORDINAIRE (fig. II)

pour travail en l'air des pièces prises dans la barre (acier doux-laiton-aluminium).

Série : 10 à 500 pièces.
Capacité : 5 à 60 mm.
Le serrage de la barre par pince est très rapide (≃ 5").
La première opération est la mise de la barre en butée avant serrage.
La dernière opération est la coupe après exécution des détails.
Cette machine très simple possède deux blocs porte-outils travaillant en butée. Parfois les **Ma** s'accomplissent à la main par levier.

Ex. : Exécution d'une douille simple (fig. II, 1).

ø 32 × 25, prise en barre acier étiré de 32.

1. Mise en place de la pièce : desserrer la pince, avancer 1, mise de la barre en butée, serrer la pince, retirer 1 mise **Mc**;

2. Perçage à ø 20 : avancer **Ma** 2 à la profondeur en butée, reculer 2 ;

3. Coupe à L = 25 : avancer **Ma** 3, la pièce tombe, retirer 3.

2. TOUR A TOURELLE REVOLVER ORDINAIRE (fig. III)

Pour le travail des pièces en petite série (5 à 50) comportant notamment des opérations en bout d'axe (perçage-taraudage-filetage-épaulement, etc.).

Le tour revolver est caractérisé par une tourelle dite revolver *(pivotante)* à 5 ou 6 postes porte-outils.

Fonctionnement de la tourelle.

La tourelle peut effectuer deux mouvements :
1. **Ma** rectiligne suivant l'axe du tour;
2. Pivotement sur son propre axe de rotation. Après le travail d'un outil la tourelle est reculée. Elle pivote d'une fraction de tour et l'outil suivant entre en action.

Le **Ma** de tourelle est généralement automatique ainsi que la rotation de la tourelle en fin de course-recul.

La tourelle n'ayant aucun déplacement transversal, les outils qu'elle porte demeurent constamment réglés en position axiale. *(L'axe de l'outil se confond avec celui de la broche.)*

Remarques sur le tour à tourelle revolver PRÉOIS (fig. III).

1. La tourelle tronconique est inclinée *(meilleure rigidité)*, les alésages (**SR**) recevant les outils ont en position de travail leur axe confondu axec celui de la broche.

2. Le moteur est à plusieurs vitesses. Il est possible de conjuguer l'action de chaque outil de tourelle avec une vitesse de broche appropriée.

A cet effet, un commutateur électrique actionné par la rotation d'une tige est installé au bout de la tourelle. Quand la tourelle tourne d'une fraction de tour, la tige en fait autant et la vitesse désirée est automatiquement obtenue.

3. Les deux outils du chariot transversal ne travaillent qu'en plongée. Ils peuvent être commandés, soit par volant-manivelle, soit par levier *(pignon et crémaillère)*.

3. TOURS A OUTILS MULTIPLES OU DE REPRISE

Ces tours peuvent être conçus pour travailler en moyenne série (25 à 1 000) : soit, sur pièce brute, en l'air, soit entre pointes. Capacité ≃ ø 40, **EP** ≃ 600.

Ils comportent deux chariots indépendants sur lesquels sont montés des groupes d'outils travaillant par bloc soit en plongée, soit en chariotage.

Le travail à effectuer est décomposé en phases comme pour une exécution sur tour parallèle soit théoriquement :

Phase 1 : ébauche premier côté ;
Phase 2 : *(première reprise)* ébauche deuxième côté ;
Phase 3 : *(deuxième reprise)* finition premier côté ;
Phase 4 : *(troisième reprise)* finition deuxième côté.

Les outils réglés pour une reprise déterminée coupent simultanément. On peut équiper autant de tours qu'il y a de reprises prévues.

Nota. — Les tours de reprise sont souvent conçus pour effectuer tout le travail de chaque reprise en cycle automatique grâce à un système de cames actionnant les deux chariots.

Remarques sur le tour de reprise à cycle automatique S.P.M.O. *(photos)*.

Les deux chariots indépendants, l'un longitudinal, à l'avant, l'autre transversal, à l'arrière, portent chacun deux ou trois outils dont un pouvant prendre un mouvement oblique par l'action d'une rampe fixe attelée à la contre-poupée. Chaque outil est pourvu d'un dispositif d'arrosage.

Travaux sur tour de reprise.

1er ***Ex. : Porte-foret PRESTO*** (photo IV) (fig. VI, 1).

La reprise comporte la finition extérieure de la pièce entre nez conique et pointe *(c'est la dernière phase de tournage)*.

Premier temps : chariot avant, les deux outils de chariotage en cycle automatique effectuent les surfaces de révolution dont une conique;

Deuxième temps : chariot arrière, les deux outils exécutent en plongée la gorge *(tombée du cône)* et le congé au bout;

2e ***Ex. : Pignon conique*** (photo V) (fig. VI, 2).

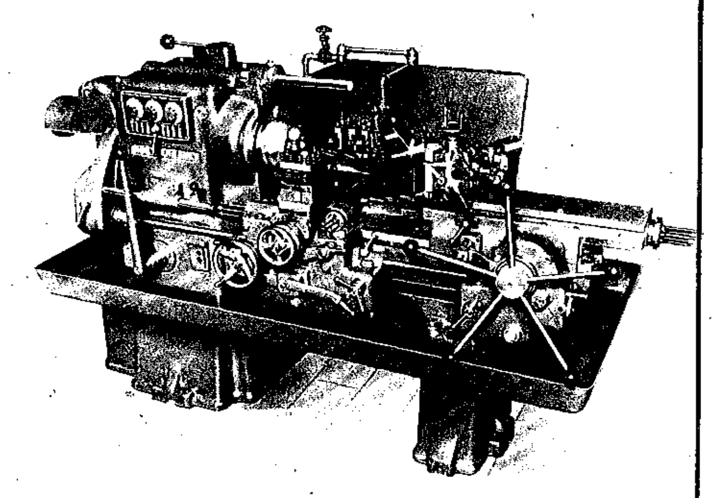
La reprise comporte l'exécution *(ébauche-finition)* de la partie extérieure *(c'est la dernière phase de tournage)*. Auparavant, la pièce a reçu les façonnages suivants :

Alésages **SR**[1] et face arrière **SR**[2] *(voir sur photo, en haut, à droite, une pièce préparée)*.

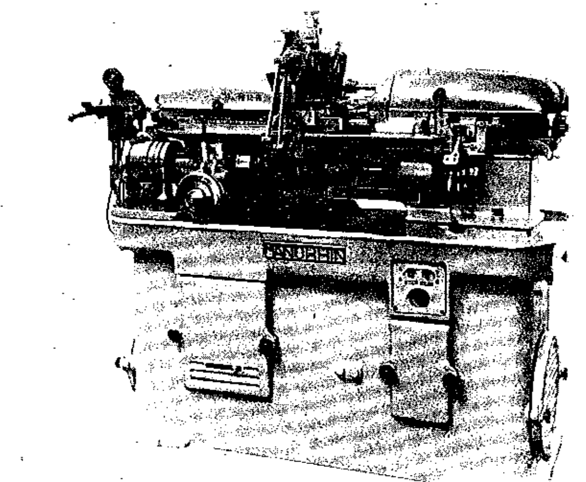
La pièce est montée sur un mandrin cannelé, lui-même pris entre pointes.

Premier temps : Chariot avant, chariotage;
Deuxième temps : Chariot arrière, plongée.
Sur chaque chariot, un des outils obéissant à une rampe engendre une des deux surfaces coniques.

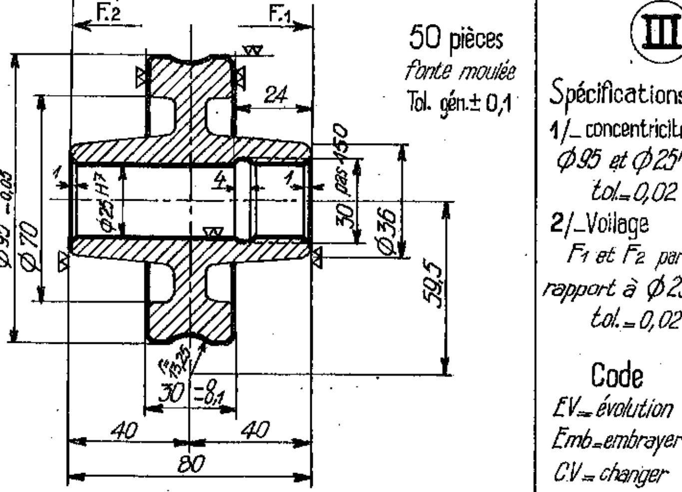
Planche 33	USINAGE SUR TOUR AUTOMATIQUE



TOUR SEMI-AUTOMATIQUE *(cliché Noël ERNAULT)*



TOUR AUTOMATIQUE *(cliché MANURHIN)*



50 pièces
fonte moulée
Tol. gén. ± 0,1

(III)

Spécifications :
1/ concentricité Ø95 et Ø25H7 tol. = 0,02
2/ Voilage F1 et F2 par rapport à Ø25 tol. = 0,02

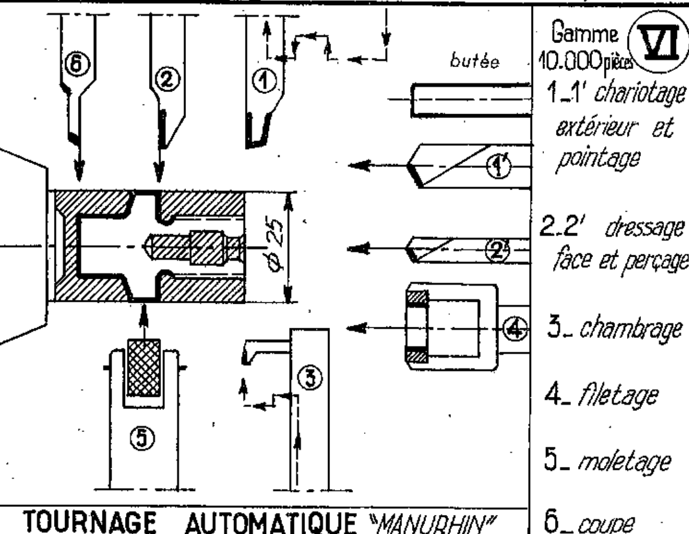
Code
EV = évolution
Emb = embrayer
CV = changer de vitesse

PIÈCE DE TOURNAGE ½ AUTOMATIQUE

CHARIOTS RADIAUX *(cliché MANURHIN)*

(V)

1ère phase	Equipement 90' (soit par pièce)	1',80
	Monter pièce	0,18
	Al. Ø 24. – Ø 95,5 – dress. F1 (eb.) + EV + Emb.	1',38
	Evolution tourelle hexagonale	0,08
	Al. ½ finition Ø 24,98 – Al. 28,25 x 24 + EV + Emb + CV.	0,75
	Dressage F.1 et tour. Ø 95 −0,05	0,83
	Evolution tourelle hexagonale	0,08
	Gorge de 4 – et chanfrein à 70° + EV	0,30
	Dressage F.2 épais. 30 −0,1 + EV + CV. et chanf.	0,60
	Taraudage Ø 30 x 150 + CV	0,30
	Evolution tourelle hexagonale	0,08
	Al. finition Ø 25 H7	0,28
	Démonter pièce.	0,18
2ème phase	Equipement : 20' (soit par pièce)	0,40
	Monter pièce	0,18
	Dressage face L = 80 et chanfrein + Emb	0,28
	Démonter pièce	0,15
GAMME établie par les Ets. Noël ERNAULT		7',85/100



Gamme 10.000 pièces (VI)
1-1' chariotage extérieur et pointage
2-2' dressage face et perçage
3 – chambrage
4 – filetage
5 – moletage
6 – coupe

TOURNAGE AUTOMATIQUE "MANURHIN"

33e LEÇON

USINAGE SUR TOUR AUTOMATIQUE

Voir planche 33

Les tours automatiques sont spécialement destinés à l'exécution des pièces en très grandes séries (roulements à billes, pièces pour automobiles et cycles, etc.).

1. LES TOURS SEMI-AUTOMATIQUES A TOURELLE

Ces tours, depuis longtemps construits et utilisés dans les pays anglo-saxons, comportent un cycle entièrement automatique entre le montage et le démontage de la pièce, qui se font à la main.

Ils peuvent tourner des pièces en l'air, prises en barre (ø 10 à 80) ou en mandrin (ø 50 à 400).

La tourelle revolver est entièrement automatique : 1. Avance contre butée ; 2. Recul ; 3. Déblocage ; 4. Rotation ; 5. Blocage...

Les chariots latéraux ou transversaux effectuent les opérations d'extérieur.

Les outils agissent successivement ou simultanément. Il est possible notamment de charioter extérieurement *(chariot)* en même temps que l'on perce en bout *(tourelle)*.

Exécution de pièces sur tour semi-automatique.

La machine utilisée est un tour semi-automatique « Noël ERNAULT » (photo 1).

Ex. : Tournage de 50 galets en fonte moulée (fig. III).
Le travail se fait en deux phases :

Phase 1. La pièce est serrée en mandrin à trois mors durs par le moyeu (côté **F2**).

Usinage complet sauf face moyeu **F2.**

Phase 2. La pièce est serrée en mandrin à trois mors doux par le ø 95 (**SR1** = ø 95, **SR2** = face).

Tournage de la mise d'épaisseur à 80.

Remarque : Le temps total d'exécution par pièce est égal à 7' 85/100 sur tour semi-automatique au lieu de 16' 15/100 sur tour parallèle.

L'économie serait encore plus grande pour une série plus importante que 50 pièces.

2. LES TOURS AUTOMATIQUES

Les tours dits ***automatiques*** fonctionnent sans intervention d'opérateur pour des séries généralement très importantes (1.000 à 100.000). Même, la mise en position de la pièce est automatique. Les mouvements divers sont commandés par cames.

Tour à barre (capacité ø 3 à 120).

La broche est analogue à celle d'un tour à décolleter, mais le serrage de la barre par pince est automatique *(commande par came)*.

Tour à mandrin (capacité ø 10 à 100).

Il existe des tours automatiques sur lesquels les pièces brutes, dirigées dans une goulotte, viennent se placer d'elles-mêmes entre les mors du mandrin.

Le mandrin est généralement actionné pneumatiquement.

Machines combinées.

Certains tours automatiques sont pourvus de dispositifs permettant d'effectuer sans reprise de la pièce, non seulement le tournage proprement dit, mais d'autres opérations *(fraisage, perçage radial, etc.)*.

Exemple : Vis à tête cylindrique tournée, filetée, puis fendue à la fraise sur la même machine automatique.

Exécution de pièce sur tour automatique.

La machine utilisée est un tour automatique « MANURHIN PF » (photo II) normalement équipé comme suit :

1° Une butée de barre indépendante et réglable ;

2° Un chariot à mouvements transversal et longitudinal situé à l'arrière du tour, utilisé principalement pour le chariotage de pièces simples ou à plusieurs épaulements, une plaquette inclinable permettant de charioter des pièces coniques ;

3° Un chariot à mouvements longitudinal et transversal situé à l'avant du tour, identique à celui situé à l'arrière de la machine *(ce chariot peut être remplacé par un chariot de défonçage à mouvement transversal seulement)* ;

4° Un chariot transversal supérieur incliné, à l'avant de la machine, à mouvement plongeant vers l'axe de la barre ;

5° Un chariot transversal supérieur vertical ;

6° Un chariot transversal supérieur incliné, à l'arrière de la machine ;

7° Un appareil perceur-taraudeur remplaçant la tourelle (3 postes).

Ex. : Tournage de 10.000 pièces en acier doux (fig. VI) prises dans la barre.

Le travail est entièrement automatique.

3. ÉVOLUTION DU TOUR AUTOMATIQUE

La sûreté de fonctionnement des tours automatiques permet de confier parfois toute une batterie de plusieurs machines au même opérateur *(lorsque le réglage est au point)*.

Une autre solution consiste à grouper plusieurs broches sur une même machine. On a ainsi des tours multibroches à trois, quatre ou six broches.

Tours multibroches horizontaux.

Ex. : Tour « GRIDLEY », à quatre broches. Chaque broche porte une barre serrée en pince.

Le travail à faire est réparti en quatre opérations. On dispose de quatre groupes d'outils exécutant chacun une opération. Les quatre bouts des barres sont en usinage simultané par les quatre groupes d'outils, mais entre chaque barre, l'usinage est décalé d'une opération.

Lorsqu'une pièce tombe de la barre n° 1, le barillet porteur des quatre broches pivote d'un quart de tour ; les outils entrent à nouveau en action jusqu'à ce que la pièce tombe de la barre n° 2, etc.

Tours multibroches verticaux.

Ex. : Tour « GYROMATIC » à six broches verticales.

L'usinage est simultané en six stations de travail, de sorte que six pièces sont usinées en même temps et qu'à chaque recul des outils, une pièce tombe de la machine.

4. CONCLUSION

Nous n'avons examiné que les principaux types de tours automatiques pour travail en grande série. Ces tours sont concurrencés par les tours à reproduire, à commande hydraulique ou électronique et parfois par des machines spécialement conçues pour l'exécution d'une pièce déterminée en très grande série (> 1.000.000).

Planche 34

USINAGE SUR TOUR VERTICAL

PETIT TOUR VERTICAL A 1 MONTANT (*cliché BERTHIEZ*)

GROS TOUR VERTICAL A 1 MONTANT (*cliché BERTHIEZ*)

II

Spécifications :
concentricité :
ø 900 et ø 100
(tol. ± 0,02)
voilage des faces
(tol. ± 0,05)
Acier moulé,
R = 100 kg.mm²
Tol. gén. ± 0,1
Usiné partout
∇∇ sauf ∼.

VOLANT ENTRAÎNEUR

V

a – Montant vertical
b – Plateau porte-pièce
c – Traverse porte-chariot
d – Chariot vertical
e – Chariot horizontal

Code
BA = boîte avances
BV = boîte vitesse
M = Moteur

CHAÎNE CINÉMATIQUE

IV

GAMME D' USINAGE — Nº

Elément	*Volant*	Dessin	*880*	Repère	*J*
Organe	*Entraîneur*	Mat.	*acier moulé*	Nb.	*2*
Ensemble	*Presse*				

Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc+Tm
1	*– Tournage sur vertical ø = 1 m. – ébaucher ± 1 face A. [alésage, jante*		*13 D (carbure) 13 D (A.R) 13 D (carbure)*	*P. à C.*	*45'*	*26',66*
2	*Retourner pièce – ébaucher face B. + 1 mm*		*– d° –*	—		*20'*
3	*Finir face B. [aléser ø 100 +0,02/+0, jante ø 900*		*13 D (carbure) 14 D. (A.R)*	*Tampon ø 100 +0,02/+0 P. à C.*		*35'*
4	*Retourner pièce – finir face A. épais. 100*		*13 D (carbure)*	*P. à C.*		*20'*
5	*Mortaiser rainure de 15 –*					
				Totaux	*45'*	*101',66*

et pour 2 pièces 45' + 203',32

34e LEÇON

USINAGE SUR TOUR VERTICAL

Voir planche 34, ce fasc., 20e leçon

Les difficultés de montage et de centrage des pièces lourdes et encombrantes, de grand diamètre et faible longueur (**L** < **D**) sont réduites par l'usage du tour à axe vertical. La **SR** du plateau, toujours perpendiculaire à la broche, est horizontale. La pièce posée sur le plateau est d'elle-même en équilibre stable avant bridage.

1. EXAMEN DU TOUR VERTICAL (fig. V)

Le banc est composé d'un ou deux montants verticaux. L'axe de la broche est vertical *(d'où le nom du tour)*. Le plateau porte-pièce est une table circulaire reposant sur une glissière circulaire *(plane ou en vé)* ou sur un roulement annulaire de grand diamètre *(ce qui évite les déformations d'origine thermique)*. Le plateau peut donc recevoir de fortes charges, sa capacité varie de ø = 0,5 à 18 m.

L'entraînement du plateau se fait par grande couronne dentée et pignon conique moteur relié à la boîte des vitesses.

Montage de la pièce.

Le centrage est facile car la pièce n'a pas tendance à s'échapper comme sur le tour parallèle.

Utiliser craie *(pièce brute)* ou comparateur *(pièce usinée en reprise)*. La pièce est fixée sur le plateau entre mors à commande individuelle *(plateau à quatre mors indépendants des petits tours verticaux)* ou par griffes à pompe, brides et boulons, etc. *(gros tours verticaux)*. L'équilibrage n'est pas indispensable.

Remarque : Les tours verticaux modernes sont parfois équipés d'un variateur de vitesse actionné à distance (*groupe* WARD LÉONARD) avec boîte à boutons pendante.

Dans ce cas, la vitesse de rotation peut être changée instantanément, même en cours de coupe *(à utiliser pour le dressage afin de conserver constante la vitesse de coupe)*.

Porte-outils.

Les tours verticaux permettent la mise en œuvre simultanée de un ou plusieurs outils de coupe. Dans ce but, ils sont équipés de deux groupes de chariots porte-outils.

1re groupe : Chariots porte-outils verticaux *(un ou deux suivant les dimensions du tour.)* (Photos I et III.) Ils sont montés sur la traverse horizontale par l'intermédiaire d'une semelle circulaire pivotante et graduée.

La traverse sert à approcher les chariots de la pièce et reste bloquée sur les montants lors de la coupe. Seuls les chariots se déplacent sur leurs glissières. A cet effet ils possèdent :

Une avance automatique **Ma** perpendiculaire à l'axe *(déplacement sur la traverse)*.

Une avance automatique **Ma** parallèle ou oblique à l'axe *(déplacement du coulisseau du chariot dans sa coulisse)*.

Montage de l'outil sur un tour à chariot vertical (photo I). La tourelle revolver pivotante à six postes porte-outils. Elle est réservée plus spécialement aux travaux d'intérieur ou de dressage. Le pivotement de la tourelle est assuré à la main. Sur le tour vertical à deux chariots verticaux (photo III), les tourelles sont du modèle carré ordinaire et permettent le montage de l'outil dans trois positions.

2e groupe : Chariot porte-outils horizontal ou latéral. Il est monté sur le montant et possède :

Une avance **Ma** automatique parallèle à l'axe *(déplacement sur le montant)*.

Une avance **Ma** automatique perpendiculaire ou oblique à l'axe *(déplacement du coulisseau dans sa coulisse)*.

Les outils sont fixés dans une tourelle carrée.

Remarques :

1. Sur les tours verticaux modernes, les avances automatiques sont réalisées par boîtes d'avances séparées, commandées chacune par moteur individuel monté sur chariot porte-outils.

2. L'ensemble traverse-chariots verticaux et le chariot latéral sont équilibrés pour faciliter leurs déplacements. Le recul de l'outil est assuré rapidement et automatiquement par système à « retour rapide ».

3. Le tour vertical convient particulièrement pour le chariotage, le dressage, l'alésage. Il peut également être équipé pour le filetage.

4. Tous les chariots sont munis de butées pour les travaux en série.

2. EXÉCUTION D'UNE PIÈCE SUR TOUR VERTICAL. Gamme d'usinage. (fig. IV).

Dimensions de la pièce à usiner : ø 900 × 100 (fig. II).

Tour utilisé :

Tour vertical à un montant avec plateau de ø ⩾ 1 m.

Observations sur la conduite du travail.

État de la pièce brute.

Venue de fonderie avec trou central.

Surépaisseurs d'usinage ≃ 5 mm sur les surfaces à usiner.

Rigidité. Cette pièce est assez rigide, donc peu déformable. Placer cependant des vérins entre les bras et le plateau à l'aplomb des serrages par brides *(pour l'ébauche)*.

Fixation de la pièce.

Phase 1. La face brute repose sur trois cales, elle est maintenue par des brides serrant fortement sur les bras.

Phase 2. La face précédemment usinée **A** repose sur quatre cales identiques. Le centrage se fait à la craie par tapotement latéral sur la saillie.

Phase 3. Les brides sont desserrées avant la finition pour éliminer les tensions développées pendant l'ébauche.

En finition, le serrage des brides est modéré *(supprimer les vérins sous les bras)*.

Phase 4. La face **B** repose directement sur le plateau *(nettoyer avant pose de la pièce)*.

Exécution : Conduire les deux pièces en série *(travail en reprise)*.

Qualité des surfaces à réaliser (∇∇).

Jantes et faces propres. Alésage lisse *(H 7)*.

Le diamètre extérieur et l'alésage seront concentriques *(tolérance ± 0,02)*. Voilage des faces (± 0,05).

Phase 1. Monter la pièce, simultanément ébaucher : l'alésage *(chariot vertical)* et la jante *(chariot horizontal)*.

Choisir un outil en **AR** pour l'alésage et un outil carbure **S1** pour la jante, ce qui permet une vitesse de coupe **V** = 15 m/mn dans l'alésage et **V** = 142 m/mn sur la jante (**n** = 50 t/mn, **a** = 0,3 mm).

Ébaucher la face **A** avec le chariot horizontal *(le chariot vertical doit être dégagé)*.

Phase 2. Retourner la pièce, ébaucher la face **B** *(chariot horizontal)*.

Phase 3. Finir l'alésage *(outil + alésoir)*. Finir la jante. Finir la face **B** *(chariotage vertical)*.

Phase 4. Retourner la pièce. Finir la face **A** *(chariotage horizontal)*.

Phase 5. Mortaiser la rainure 15 × 5 *(sur machine à mortaiser)*.

Planche 35	VÉRIFICATION, INSTALLATION ET ENTRETIEN DU TOUR PARALLÈLE

VÉRIFICATION (cliché ESSAIS M.O.)

SCELLEMENT DU TOUR

(III)

1 _ Fixation
a _ tour
b _ massifs béton
2 _ Nivellement par vérins
a _ vis vérin
b _ vis de blocage
c _ écrou à pattes
3 _ Nivellement par coins
a _ coins

ÉQUIPEMENT DU TOUR

(V)

1 _ Arrosage
a _ pompe
b _ réservoir
c _ canalisation
m _ moteur
r _ robinet
s _ support
2 _ Eclairage individuel (champ d'action)

(II)

	Vérification	Tolérances	
1	Parallélisme des glissières à un plan horizontal	Niveau et Traverse	20 μ/m
2	Obliquité transversale	Niveau et Traverse	30 μ/m
3	Parallélisme des glissières du chariot Différence de hauteur des pointes	Support pièce amplificateur et mandrin	20 μ/m 10 μ
4	Parallélisme de l'axe du fourreau	amplificateur	20 μ/300
5	Parallélisme glissières contre-pointe et chariot	_ δ° _	20 μ
6	Faux-rond pointe vive faux-rond centrage Ø et face	—	10 μ
7	Faux-rond de l'axe et parallélisme des glissières	—	20 μ/300
8	Perpendicularité de l'axe au déplacement du chariot	amplificateur et plateau	20 μ/300
9	Parallélisme de l'axe de la vis-mère	amplificateur	50 μ

VÉRIFICATION GÉOMÉTRIQUE (partielle)

(VI)

	Épreuve	Contrôle	
1	Cylindrage en l'air L = H.d.P D > 1/4 H.d.P	Palmer	10 μ
2	Dressage de face L = H.d.P D = H.d.P	Règle et Cales	20 μ/300
3	Cylindrage entre-pointes L = EP D = 1/8 L	Palmer	30 μ/m
4	Cylindrage entre-pointes L = 1/2 EP D = 1/8 L	—	30 μ/m
5	Filetage .S.I. L = 300	Appareils spéciaux	30 μ/300

ÉPREUVES PRATIQUES D'ESSAI

35e LEÇON

VÉRIFICATION, INSTALLATION ET ENTRETIEN DU TOUR PARALLÈLE

Voir planche 35

Le tour parallèle est une machine-outil de précision, capable d'engendrer des pièces de qualité **6** à **7** (*IT = 10 à 50 microns*).

Pour garantir ce résultat, les constructeurs de tours s'appliquent à réaliser des mécanismes dix fois plus précis dans leurs parties essentielles (qualité = **4** à **5**).

Ces tolérances sont définies par les normes SALMON :

Parallélisme des glissières (20 μ par mètre de longueur).

Faux-rond de la pointe vive (10 μ).

Faux-rond du centrage ou du plateau (5 à 10 μ), etc.

La précision du tour parallèle garantit celle de ses produits. Encore faut-il que l'installation soit correcte ainsi que l'entretien.

1. VÉRIFICATION GÉOMÉTRIQUE DU TOUR PARALLÈLE (fig. II).

Elle s'applique aux organes porte-pièce et porte-outil :

Surfaces de références : **SR** pièce sur porte-pièce.

Trajectoires : Des mouvements d'avance **Ma** de l'outil.

Avant toute mesure, il convient de dégauchir le tour d'après son propre plan de référence, qui est la surface de guidage du banc (fig. II, 1).

2. INSTALLATION DU TOUR PARALLÈLE

La durée de la précision d'un tour dépend essentiellement de l'état du sol. Prévoir pour chaque pied un massif en béton dans lequel sont noyés les écrous de scellement, et des fers plats qui faciliteront le réglage de niveau (fig. III, 1).

3. MISE DE NIVEAU

La mise de niveau doit être rigoureuse, surtout dans le sens transversal pour éviter toute torsion du banc. Cette opération se fait à l'aide de vis de réglage formant vérins (fig. III, 2) avec contrôle au niveau de précision.

Quand ces vis n'ont pas été prévues par le fabricant, le calage nécessite des coins métalliques à très faible pente (5 %), placés sur des cales également métalliques (fig. III, 3).

4. MISE EN MARCHE

Pour un tour neuf, il faut suivre les instructions du fabricant : branchement électrique, graissage, rodage, etc. En règle générale, faire fonctionner le tour mécaniquement « à vide » pendant cinq heures au minimum. Commencer par les vitesses de rotations basses. Observer les échauffements anormaux qui se produisent (*les broches montées sur roulements peuvent atteindre sans danger dans la zone des paliers une température de 60° C*). Après cet essai on procède à la vérification géométrique et à l'exécution des épreuves pratiques de réception.

5. ÉPREUVES PRATIQUES

Elles sont également précisées par les normes SALMON. On usine des pièces de formes et de dimensions déterminées. En cas de discordance entre les résultats de la vérification géométrique et ceux des épreuves pratiques, ces dernières font autorité.

Ces épreuves permettent de vérifier au moyen des travaux effectués les capacités suivantes :

Tourner rond.
Tourner cylindrique. } Par montage entre pointes ou
Dresser plan. } en l'air (fig. VI).
Fileter un pas donné.

6. ÉQUIPEMENT DU TOUR

Arrosage (fig. V, 1).

Tous les tours modernes sont pourvus par le fabricant d'une installation d'arrosage (*lubrification et refroidissement de l'outil et de la pièce*); la pompe est actionnée par un moteur autonome.

Un robinet généralement fixé sur le support d'outil (*à l'arrière du traînard*) est alimenté par des canalisations articulées ou souples (*l'emploi de tuyaux en matière plastique est économique*). Le liquide d'arrosage est souvent : 97 % eau + 3 % huile soluble. Sa couleur le fait appeler communément « eau de savon ». Il ne doit pas colmater les canalisations, ni provoquer l'oxydation des parties métalliques.

Éclairage artificiel du poste de travail (fig. V, 2).

L'idéal est un éclairage naturel ou artificiel permettant de voir le travail de l'outil, de mesurer et de lire les cotes sur les vérificateurs, sans effort visuel excessif (*intensité lumineuse de 120 lux, au poste de travail devant la pointe fixe*).

L'éclairage individuel complétant éventuellement l'éclairage d'ensemble de l'atelier ne doit pas gêner le tourneur. Pour éviter les rayons lumineux réfléchis par la pièce en rotation, la source lumineuse doit être placée sur un support réglable, en dessous du champ visuel de l'opérateur et dirigée vers l'outil. Une lampe de 40 watts bien disposée convient généralement.

7. ENTRETIEN DU TOUR PARALLÈLE

Graissage poupée fixe, boîte des vitesses et boîte des avances.

Les tours modernes sont graissés automatiquement par une pompe incorporée. Se conformer aux recommandations du constructeur pour l'emploi des huiles de graissage et le remplissage des réservoirs.

Effectuer périodiquement la vidange et le renouvellement de l'huile (*tous les deux à trois mois*).

Des niveaux et des viseurs permettent de constater le remplissage et la bonne circulation de l'huile.

Graissage général.

Il est effectué sous pression par des graisseurs individuels fixés auprès des parties tournantes (*pignons, vis-mère, barre de chariotage, etc.*) et des parties frottantes (*banc et glissières*).

Nettoyage.

Le nettoyage du tour porte essentiellement sur les parties frottantes. Nettoyer fréquemment après les opérations d'ébauche ou de finition (*chariotage et filetage*). Préserver les surfaces frottantes des copeaux de fonte, d'abrasif, des crasses métalliques (*croûte de pièce brute*) et de l'oxydation (*rouille*).

Huiler légèrement après nettoyage, préserver les glissières des chocs lors des montages des appareillages ou des pièces.

Prévoir des planchettes pour recevoir les clés de service.

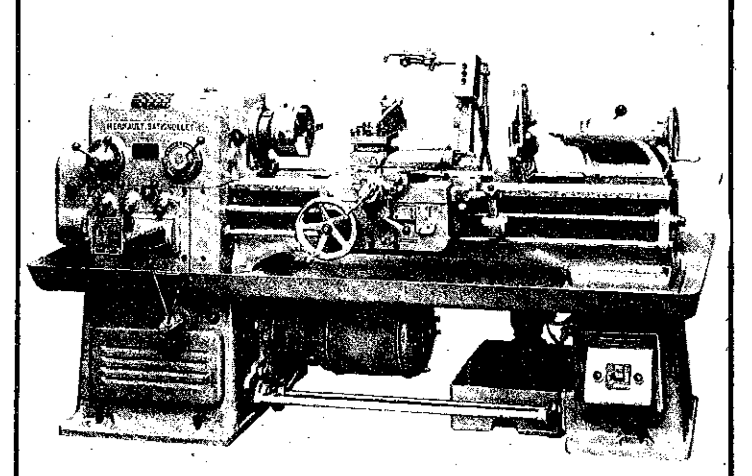
8. INSTALLATION DU TOURNEUR

Le tourneur doit trouver sous sa main, sans déplacement ni gestes inutiles, tout ce dont il a besoin : prévoir un support spécial pour les dessins d'exécution qui doivent être visibles pendant le travail et ne pas gêner le tourneur.

Prévoir un ou deux placards d'outillage pour les outils et les accessoires (*clés, plateau, mandrin, douilles, cales, etc.*).

Les pièces en cours d'usinage (*travail en série*) nécessitent une table de service. Les instruments de contrôle doivent être placés à portée de main sur une planchette bien protégée.

Planche 36	CARACTÉRISTIQUES D'UN TOUR PARALLÈLE
	Tour parallèle à charioter et fileter "ERNAULT" H.170



TOUR PARALLÈLE H.d.P.=170 *(cliché ERNAULT.B)*

(II)

E.P.=1m.
1,235m
H.d.P.170
985
1,290m
335
525
110
480
670
1,452m
1,172m
2,172m
210
420
80 35 440 35 80
35
645
715
860
35

SCHÉMA D' ENCOMBREMENT

(III)

H	50		80		125		200		1	Vitesses de broche en tours minute n t/mn.
		63		100		160		250	2	
V	400		640		1.000		1.600		1	
		500		800		1.250		2.000	2	
	A		B		C		D			

	1	2	3	4	5	6	7	
A	1	1,125	1,25	1,375	1,5	1,625	1,75	Pas métriques pour filetage *(rapport sur tête de cheval: 1/1).* p= en mm.
B	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	
C	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	
D	8	9	10	11	12	13	14	

VITESSES DE BROCHE _ PAS MÉTRIQUES

(V)

	1	2	3	4	5	6	7	
A	0,1	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	Avances longitudinales *(rapport: 1/1)* a en mm. *(1/10 pas métriques)*
B	0,2	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,35	
C	0,4	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	
D	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	

	1	2	3	4	5	6	7	
A	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,108	0,11	Avances transversales *(rapport: 1/1)* a en mm. *(1/15 pas métriques)* environ
B	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	
C	0,26	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46	
D	0,53	0,60	0,66	0,73	0,80	0,86	0,93	

AVANCES

FICHE D'APTITUDE (IV)

1	**Capacité.** *Banc droit. H.d.P =*	*170*
	Diamètre maxi. passant au dessus du banc.	*350*
	Diamètre maxi. passant au dessus des chariots.	*215*
	Longueur maxi. entre pointes. E.P =	*1m.*
2	**Poupée fixe..**	
	Nez de broche conique - «Standard Américain»	
	Cône de la broche : Morse N°5. Alésage	*ø 32*
	Nombre de vitesses de la broche : 16 de 50 à 2.000 t/mn	
3	**Boîte d'avances.** *(rapport sur tête de cheval = 1/1).*	
	28 pas métriques.	*de 1 à 14*
	28 pas anglais. de 28 à 2 filets au pouce.	
	28 avances longitudinales.	*de 0,1 à 1,4*
	28 avances transversales.	*de 0,06 à 0,9*
	Pas de la vis mère.	*6 mm*
	Amplification des pas (Marche au harnais-poupée).	*8.*
4	**Chariots.**	
	Course chariot pivotant.	*160*
	Section des outils.	*20x20*
	Pas de la vis transversale.	*4 mm.*
	Pas de la vis du chariot pivotant.	*2,5 mm.*
5	**Contre-pointe.**	
	Diamètre du fourreau: 64. Cône du fourreau :	*Morse N°4*
6	**Moteur.** *Puissance 10 ch. (Vitesse à vide = 3.000 t/mn)*	
7	**Accessoires normaux.**	
	Mandrin universel 3 mors et plateau-toc:	*ø 200*
	Lunette fixe - (diamètres admis: Maxi. 90 -	*Mini: 10).*
	Lunette à suivre - (diamètres admis: Maxi. 90 -	*Mini: 10).*
	Appareil indicateur d'embrayage pour filetage.	
	Pignons de 15 à 30 dents pour pas spéciaux.	
8	**Accessoires spéciaux.**	
	Appareil reproducteur pour cônes - Tourelle d'alésage	*à 6 outils.*
	Porte-outil A.R. - Pointe tournante N°4. Plateau à trous	*ø 330*
	Butées micrométriques sur le banc.	

Planche 37	CHAÎNE CINÉMATIQUE d'un TOUR PARALLÈLE
	Tour parallèle à charioter et fileter "ERNAULT" H.170

Repères	Désignation	Fonctions	Leçons	Repères	Désignation	Fonctions	Leçons
1	Moteur électrique	Moteur	15	9	Vis mère	Exécution *p*	11_25
2	Boîte de vitesses	Sélection *n*.	15	10	Crémaillère	*Ma*_ longitudinal à main	2
3	Poulie motrice	Transmission *n*.	7	11	Tablier	Support Porte-outils	5_15
4	Poupée fixe	Support broche	7	12	Traînard		5_16
5	Broche	Support entraînement pièce.	7 et 35	13	Chariot transversal		5_16
6	Train d'engrenages sur tête de cheval	Variation *p*.	11 et 25	14	Chariot pivotant		5_24
7	Boîte des filetages et avances	Sélection *p* ou *a*.	11.15.25	15	Contre-poupée	Support-pièce	7_18
8	Barre de chariotage	Transmission *Ma*.	2	16	Fourreau	Support contre-pointe	7_18

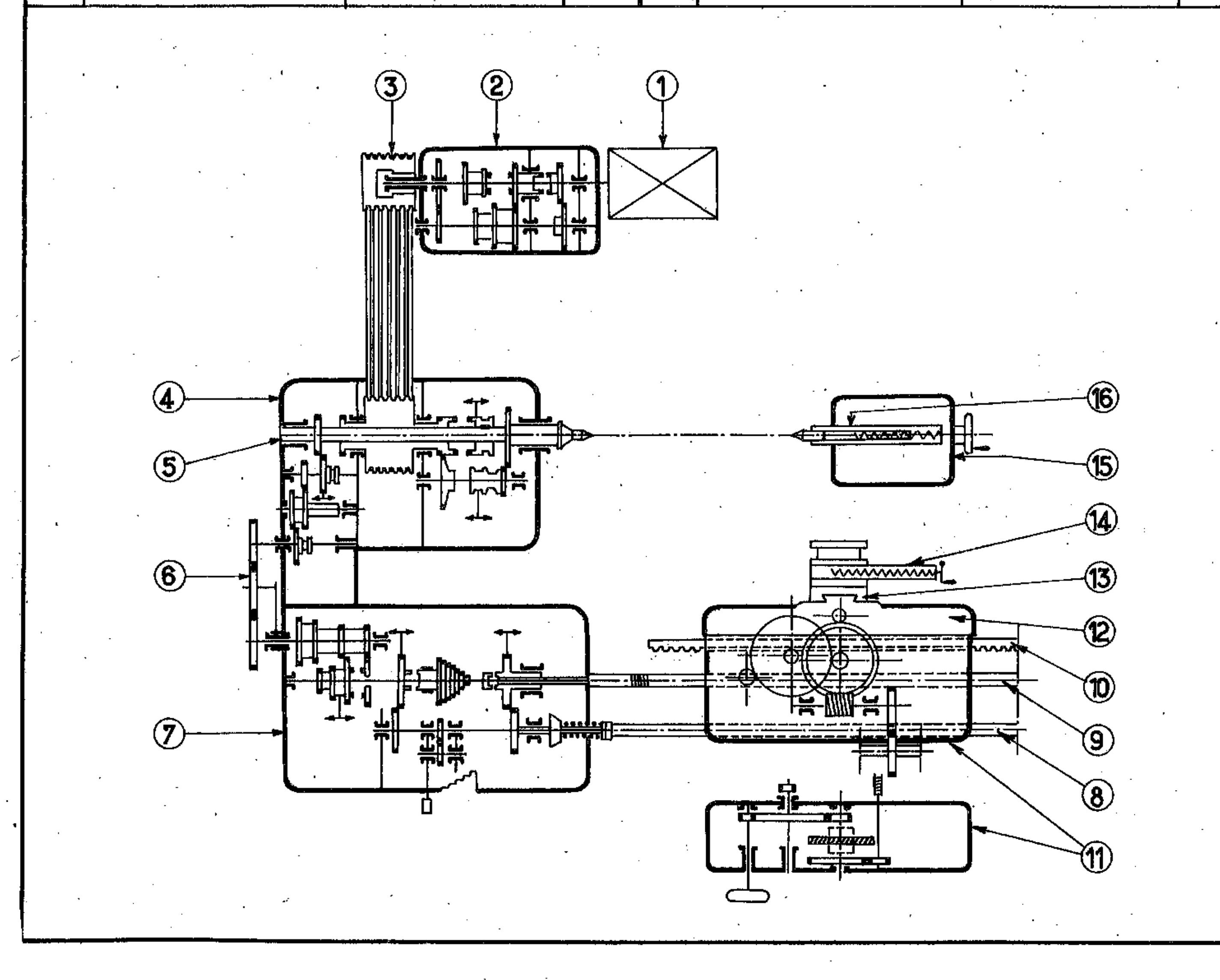
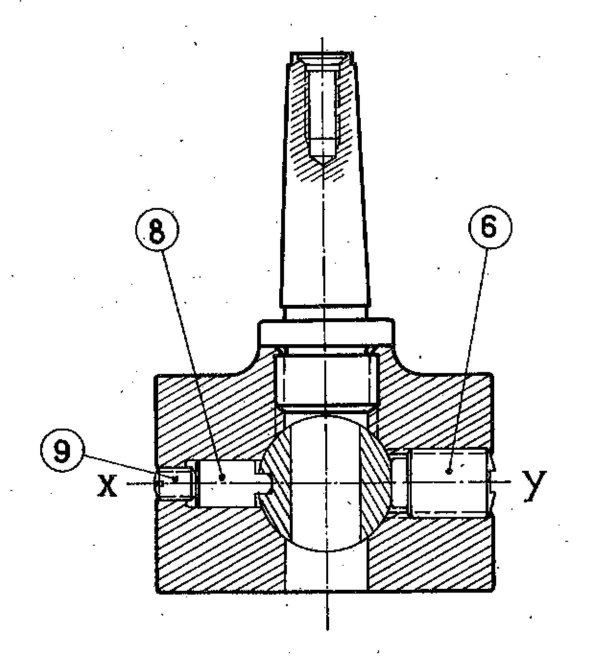
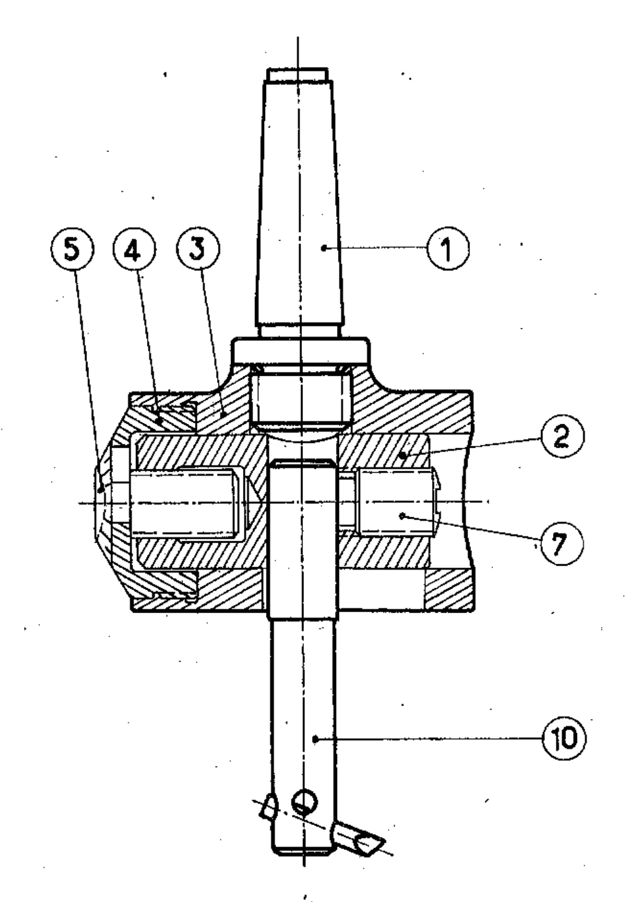
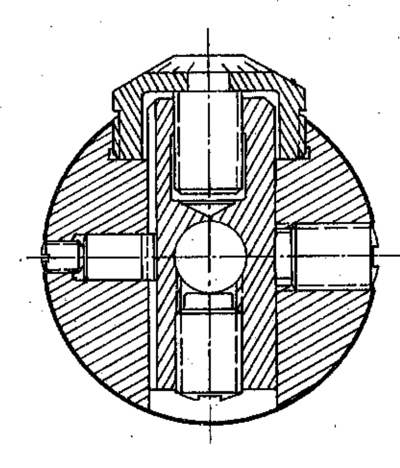


Planche 38	ENSEMBLE DE PIÈCES TOURNÉES Porte-outil aléseur





Coupe x y



Nº	Désignation	Mode d'exécution	Leçons
10	Outil grain ajusté	Ajustage - Perçage	29
9	Vis blocage de ⑧	Décolletage - Filetage	17-25
8	Ergot	Tournage en l'air	17
7	Vis de blocage de ⑩	Décolletage - Filetage	17-25
6	Vis de blocage de ②	Décolletage - Filetage	17-25
5	Vis de commande	Décolletage - Filetage	17-25
4	Bouchon	Tournage en l'air	17
3	Corps	Tournage sur équerre	22-23
2	Porte-outil	Tournage en l'air	17
1	Cône entraîneur	Tournage conique - Filetage	24-25

NOMENCLATURE

——— Pièces étudiées dans ce fascicule
——— Pièces non étudiées

TOLÉRANCES
SYSTÈME A LIMITES INTERNATIONAL (VALEURS EN MICRONS)

PIÈCES

3 à 6 inclus	6 à 10 inclus	10 à 18 inclus	18 à 30 inclus	30 à 50 inclus	50 à 80 inclus	80 à 120 inclus	120 à 180 inclus	Cotes en mm ←««	
+ 480	+ 580	+ 700	+ 840	+ 1 000	+ 1 200	+ 1 400	+ 1 600	Maxi	H 15
0	0	0	0	0	0	0	0	Mini	H 15
+ 18	+ 22	+ 27	+ 33	+ 39	+ 46	+ 54	+ 63	Maxi	H 8
0	0	0	0	0	0	0	0	Mini	H 8
+ 12	+ 15	+ 18	+ 21	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	Maxi	H 7
0	0	0	0	0	0	0	0	Mini	H 7
— 20	— 25	— 32	— 40	— 50	— 60	— 72	— 85	Maxi	e 9
— 50	— 61	— 75	— 92	— 112	— 134	— 159	— 185	Mini	e 9
— 20	— 25	— 32	— 40	— 50	— 60	— 72	— 85	Maxi	e 7
— 32	— 40	— 50	— 61	— 75	— 90	— 107	— 125	Mini	e 7
— 10	— 13	— 16	— 20	— 25	— 30	— 36	— 43	Maxi	f 7
— 22	— 28	— 34	— 41	— 50	— 60	— 71	— 83	Mini	f 7
— 4	— 5	— 6	— 7	— 9	— 10	— 12	— 14	Maxi	g 6
— 12	— 14	— 17	— 20	— 25	— 29	— 34	— 39	Mini	g 6
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 13
— 180	— 220	— 270	— 330	— 390	— 460	— 540	— 630	Mini	h 13
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 8
— 18	— 22	— 27	— 33	— 39	— 46	— 54	— 63	Mini	h 8
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 7
— 12	— 15	— 18	— 21	— 25	— 30	— 35	— 40	Mini	h 7
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 6
— 8	— 9	— 11	— 13	— 16	— 19	— 22	— 25	Mini	h 6

VÉRIFICATEURS

	Cotes en mm »»→	3 à 6 inclus	6 à 10 inclus	10 à 18 inclus	18 à 30 inclus	30 à 50 inclus	50 à 80 inclus	80 à 120 inclus	120 à 180 inclus
H 15	N'entre pas	+ 486 + 474	+ 587,5 + 572,5	+ 709 + 691	+ 850,5 + 829,5	+ 1 012,5 + 987,5	+ 1 215 + 1 185	+ 1 417,5 + 1 382,5	+ 1 620 + 1 580
H 15	Entre	+ 54 + 42	+ 63,5 + 48,5	+ 73 + 55	+ 82,5 + 61,5	+ 92,5 + 67,5	+ 105 + 75	+ 117,5 + 82,5	+ 130 + 90
H 15	Usure	0	0	0	0	0	0	0	0
H 8	N'entre pas	+ 19,5 + 16,5	+ 23,5 + 20,5	+ 28,5 + 25,5	+ 35 + 31	+ 41 + 37	+ 48,5 + 43,5	+ 57 + 51	+ 67 + 59
H 8	Entre	+ 4,5 + 1,5	+ 4,5 + 1,5	+ 5,5 + 2,5	+ 7 + 3	+ 8 + 4	+ 9,5 + 4,5	+ 11 + 5	+ 13 + 5
H 8	Usure	— 3	— 3	— 4	— 4	— 5	— 5	— 6	— 6
H 7	N'entre pas	+ 13,5 + 10,5	+ 16,5 + 13,5	+ 19,5 + 16,5	+ 23 + 19	+ 27 + 23	+ 32,5 + 27,5	+ 38 + 32	+ 44 + 36
H 7	Entre	+ 3,5 + 0,5	+ 3,5 + 0,5	+ 4 + 1	+ 5 + 1	+ 5,5 + 1,5	+ 6,5 + 1,5	+ 8 + 2	+ 10 + 2
H 7	Usure	— 1,5	— 1,5	— 2	— 3	— 3	— 3	— 4	— 4
e 9	N'entre pas	— 48 — 52	— 59 — 63	— 72,5 — 77,5	— 89 — 95	— 108,5 — 115,5	— 130 — 138	— 154 — 164	— 179 — 191
e 9	Entre	— 24 — 28	— 30 — 34	— 37,5 — 42,5	— 46 — 52	— 57,5 — 64,5	— 69 — 77	— 82 — 92	— 97 — 109
e 9	Usure	— 20	— 25	— 32	— 40	— 50	— 60	— 72	— 85
e 7	N'entre pas	— 30,5 — 33,5	— 38,5 — 41,5	— 48,5 — 51,5	— 59 — 63	— 73 — 77	— 87,5 — 92,5	— 104 — 110	— 121 — 129
e 7	Entre	— 20,5 — 23,5	— 25,5 — 28,5	— 33 — 36	— 41 — 45	— 51,5 — 55,5	— 61,5 — 66,5	— 74 — 80	— 87 — 95
e 7	Usure	— 18,5	— 23,5	— 30	— 37	— 47	— 57	— 68	— 81
f 7	N'entre pas	— 20,5 — 23,5	— 26,5 — 29,5	— 32,5 — 35,5	— 39 — 43	— 48 — 52	— 57,5 — 62,5	— 68 — 74	— 79 — 87
f 7	Entre	— 10,5 — 13,5	— 13,5 — 16,5	— 17 — 20	— 21 — 25	— 26,5 — 30,5	— 31,5 — 36,5	— 38 — 44	— 45 — 53
f 7	Usure	— 8,5	— 11,5	— 14	— 17	— 22	— 27	— 32	— 39
g 6	N'entre pas	— 10,5 — 13,5	— 12,5 — 15,5	— 15,5 — 18,5	— 18 — 22	— 23 — 27	— 26,5 — 31,5	— 31 — 37	— 35 — 43
g 6	Entre	— 4,5 — 7,5	— 5,5 — 8,5	— 7 — 10	— 8 — 12	— 10,5 — 14,5	— 11,5 — 16,5	— 14 — 20	— 16 — 24
g 6	Usure	— 2,5	— 3,5	— 4	— 4	— 6	— 7	— 8	— 10
h 13	N'entre pas	— 174 — 186	— 212,5 — 227,5	— 261 — 279	— 329,5 — 340,5	— 378,5 — 402,5	— 445 — 475	— 522,5 — 557,5	— 610 — 650
h 13	Entre	— 18 — 30	— 20,5 — 35,5	— 23 — 41	— 25,5 — 46,5	— 29,5 — 54,5	— 33 — 63	— 36,5 — 71,5	— 40 — 80
h 13	Usure	0	0	0	0	0	0	0	0
h 8	N'entre pas	— 16 — 20	— 20 — 24	— 24,5 — 29,5	— 30 — 36	— 35,5 — 42,5	— 42 — 50	— 49 — 59	— 57 — 69
h 8	Entre	— 1 — 5	— 1 — 5	— 1,5 — 6,5	— 2 — 8	— 2,5 — 9,5	— 3 — 11	— 3 — 13	— 3 — 15
h 8	Usure	+ 3	+ 3	+ 4	+ 4	+ 5	+ 5	+ 6	+ 6
h 7	N'entre pas	— 10,5 — 13,5	— 13,5 — 16,5	— 16,5 — 19,5	— 19 — 23	— 23 — 27	— 27,5 — 32,5	— 32 — 38	— 36 — 44
h 7	Entre	— 0,5 — 3,5	— 0,5 — 3,5	— 1 — 4	— 1 — 5	— 1,5 — 5,5	— 1,5 — 6,5	— 2 — 8	— 2 — 10
h 7	Usure	+ 1,5	+ 1,5	+ 2	+ 3	+ 3	+ 3	+ 4	+ 4
h 6	N'entre pas	— 6,5 — 9,5	— 7,5 — 10,5	— 9,5 — 12,5	— 11 — 15	— 14 — 18	— 16,5 — 21,5	— 19 — 25	— 21 — 29
h 6	Entre	— 0,5 — 3,5	— 0,5 — 3,5	— 1 — 4	— 1 — 5	— 1,5 — 5,5	— 1,5 — 6,5	— 2 — 8	— 2 — 10
h 6	Usure	+ 1,5	+ 1,5	+ 2	+ 3	+ 3	+ 3	+ 4	+ 4

LIGNES TRIGONOMÉTRIQUES

dans un cercle de rayon R = 1

DEGRÉS	Sin	Tg	Cotg	Cos	
0	0,000	0,000	∞	1,000	**90**
1	0,017	0,017	57,289	0,999	89
2	0,034	0,034	28,632	0,999	88
3	0,052	0,052	19,081	0,998	87
4	0,069	0,069	14,300	0,997	86
5	0,087	0,087	11,430	0,996	**85**
6	0,104	0,105	9,514	0,994	84
7	0,121	0,122	8,144	0,992	83
8	0,139	0,140	7,115	0,990	82
9	0,156	0,158	6,313	0,987	81
10	0,173	0,176	5,671	0,984	**80**
11	0,190	0,194	5,144	0,981	79
12	0,207	0,212	4,704	0,978	78
13	0,224	0,230	4,331	0,974	77
14	0,241	0,249	4,010	0,970	76
15	0,258	0,267	3,732	0,965	**75**
16	0,275	0,286	3,487	0,961	74
17	0,292	0,305	3,270	0,956	73
18	0,309	0,324	3,077	0,951	72
19	0,325	0,344	2,904	0,945	71
20	0,342	0,363	2,747	0,939	**70**
21	0,358	0,383	2,605	0,933	69
22	0,374	0,404	2,475	0,927	68
23	0,390	0,424	2,355	0,920	67
24	0,406	0,445	2,246	0,913	66
25	0,422	0,466	2,144	0,906	**65**
26	0,438	0,487	2,050	0,898	64
27	0,453	0,509	1,962	0,891	63
28	0,469	0,531	1,880	0,882	62
29	0,484	0,554	1,804	0,874	61
30	0,500	0,577	1,732	0,866	**60**
31	0,515	0,600	1,664	0,857	59
32	0,529	0,624	1,600	0,848	58
33	0,544	0,649	1,539	0,838	57
34	0,559	0,674	1,482	0,829	56
35	0,573	0,700	1,428	0,819	**55**
36	0,587	0,726	1,376	0,809	54
37	0,601	0,733	1,327	0,798	53
38	0,615	0,781	1,279	0,788	52
39	0,629	0,809	1,234	0,777	51
40	0,642	0,839	1,191	0,766	**50**
41	0,656	0,869	1,150	0,754	49
42	0,669	0,900	1,110	0,743	48
43	0,684	0,932	1,072	0,731	47
44	0,694	0,965	1,035	0,719	46
45	0,707	1,000	1,000	0,707	**45**
	Cos	Cotg	Tg	Sin	DEGRÉS

4 3 1 2

R

$\alpha = 60°$

1. Sinus.
2. Tangente.
3. Cosinus.
4. Cotangente

R(rayon) = 1

Exemple: $\alpha = 60°$

sinus $60° = 0{,}866$

tangente $60° = 1{,}732$

cosinus $60° = 0{,}5$

cotangente $60° = 0{,}577$

CERCLE TRIGONOMÉTRIQUE

sin. tg.

R = 1, c, a, b, α, 90°

$\sin\alpha = \frac{a}{c}$

$\cos\alpha = \frac{b}{c}$

$c = \frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\cos\alpha}$

$a = c\,\sin\alpha$

$b = c\,\cos\alpha$

$tg\alpha = \frac{a}{b}$

$cotg\alpha = \frac{b}{a}$

$a = b\,tg\alpha = \frac{b}{cotg\alpha}$

$b = a\,cotg\alpha = \frac{a}{tg\alpha}$

TRIANGLE RECTANGLE

c, a, b, α, β, γ

$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma}$

$c = (a\cos\beta) + (b\cos\alpha)$

$a^2 = b^2 + c^2 \pm 2bc\cos\alpha$

α : *alpha*

β : *bêta*

γ : *gamma*

TRIANGLE QUELCONQUE

Dépôt légal, 1er trimestre 1957. No d'Éditeur 1912. — Imprimé en France. — IMP. CHAIX. — 4718-Q-118.